



INFORME	Identificación: H.2.005-99
	Fecha:
TÍTULO "DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LA PARTE ORIENTAL DE LA UNIDAD 07.07 SIERRAS DE SEGURA-CAZORLA." Agosto 1999.	
PROYECTO "ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LA UNIDAD 07.07. SIERRA DEL SEGURA".	
RESUMEN: Este proyecto ha sido realizado según la dirección y supervisión del ITGE, actuando como empresa colaboradora TEYGE, S.A. (Tecnología y Geoambiente, S.A). En este estudio se ha realizado una actualización de conocimientos en materia de geometría y funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos a partir de los nuevos conocimientos aportados por datos hidrométricos y de comportamiento hidrogeológico de las formaciones involucradas. Se ha incorporado la actual subdivisión de esta Unidad en cinco unidades hidrogeológicas, tal y como figura oficialmente en el "Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura", realizado en 1997 por la Confederación Hidrográfica del Segura. * continuar al dorso en caso necesario	
Revisión Nombre: Juan Antonio López Geta Unidad: Aguas Subterráneas y Geotecnia Fecha: Agosto 1999	Autores: Juan Ramón Cobos Fernández. Responsable: Miguel del Pozo Gómez

DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO
HIDROGEOLÓGICO DE LA PARTE ORIENTAL
DE LA UNIDAD 07.07. SIERRAS DE
SEGURA-CAZORLA . AGOSTO 1999

El presente estudio ha sido realizado según dirección y supervisión del **Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE)**, actuando como empresa colaboradora **Tecnología y Medioambiente S.A. (TEYGE S.A.)**. En el mismo ha intervenido por parte de **TEYGE S.A.** el técnico:

Juan Ramón Cobos Fernández. Geólogo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. HIDROGEOLOGÍA

2.1. UNIDAD DE LA SIERRA DE SEGURA-CAZORLA

2.1.1. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LOS MATERIALES

2.1.1.1. Formaciones permeables del Cretácico inferior

2.1.1.2. Formaciones no permeables del Cretácico inferior

2.1.1.3. Formaciones permeables del Cretácico superior

2.1.1.4. Formaciones permeables del Terciario

2.1.1.5. Formaciones no permeables del Terciario

2.1.1.6. Formaciones cuaternarias

2.1.2. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.14 SEGURA-MADERA-TUS

2.1.2.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

2.1.2.2. REDES DE CONTROL

2.1.2.2.1. Red hidrométrica

2.1.2.2.2. Red piezométrica

2.1.2.2.3. Red de hidroquímica

2.1.2.3. ACUÍFEROS

2.1.2.3.1. Acuífero Cujón

2.1.2.3.2. Acuífero Herrada

2.1.2.3.3. Acuífero Ardal

2.1.2.3.4. Acuífero Tinjarra

2.1.2.3.5. Acuífero Calar de la Sima

2.1.3. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DEL CALAR DEL MUNDO

2.1.3.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

2.1.3.2. REDES DE CONTROL

2.1.3.2.1. Red hidrométrica

2.1.4. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.37 ANTICLINAL DE SOCOVOS

2.1.4.1. ACUÍFEROS

2.1.4.1. Acuífero Férez

2.1.4.2. Acuífero Letur

2.1.4.3. Acuífero Somogil

2.1.4.4. Acuífero Taibilla

2.1.4.5. Acuífero Tazona

2.1.4.6. Acuífero Capilla

2.1.4.7. Acuífero Molata

2.1.5. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.07 FUENTE SEGURA-FUENSANTA

2.1.5.1. ACUÍFEROS

2.1.5.1.1. Acuífero Humoso-Juan Quílez

2.1.5.1.2. Acuífero Gontar

2.1.5.1.3. Acuífero de El Berral

2.1.5.1.4. Acuífero Loma del Sapillo

2.1.5.1.5. Acuífero Calar de Pilillas-Palancares

2.1.5.1.6. Acuífero Huebras

2.1.5.1.7. Acuífero Pincorto

1. INTRODUCCIÓN

La Unidad Hidrogeológica de las Sierras de Segura-Cazorla (07.07), fue definida en 1988 por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH), como una de las 36 unidades en las que se subdividió la Cuenca del Segura.

Las formaciones permeables están compuestas por materiales calcáreos y dolomíticos del Jurásico, Cretácico y Terciario principalmente.

En 1995 la DGOH del entonces denominado Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA) y el ITGE, establecieron un convenio para la actualización de los conocimientos de varias unidades, entre ellas la de las Sierras de Segura-Cazorla, con el fin de realizar el denominado Proyecto de Actualización de la Infraestructura Hidrogeológica (PAIH) de la misma.

En 1997, la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) elaboró el "Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura" en el que se reestructuró la división de unidades y acuíferos, aumentando su número hasta 57 unidades, siguiendo criterios geológicos, hidrogeológicos, de balance hídrico y de situación administrativa, consultando estudios del ITGE, CHS, y otros organismos con ámbito de actuación de la Cuenca del Segura. Esta unidad quedó dividida entonces, en cinco unidades hidrogeológicas.

El presente estudio es una asistencia técnica que forma parte del PAIH de la Unidad de las Sierras de Segura-Cazorla, en la que los objetivos principales se centran en la determinación de la geometría de los acuíferos así como los condicionantes de su funcionamiento hidrogeológico.

Se ha definido la geometría de las unidades y acuíferos, mediante la determinación de sus límites de baja permeabilidad, así como la estructura y disposición espacial del conjunto de formaciones permeables involucradas, considerando además, la importancia de las distintas surgencias.

En la determinación del funcionamiento hidrogeológico, se ha analizado el comportamiento hidrogeológico de cada una de las formaciones constituyentes de los acuíferos, atendiendo sus características de permeabilidad, estructura, fracturación y en general, todos aquellos factores que condicionan la escorrentía subterránea y su circulación en el interior del acuífero.

La interrelación de las distintas peculiaridades de las formaciones permeables tomadas en su conjunto, dan como resultado un funcionamiento hidrogeológico con un régimen de flujo, surgencias y relaciones río-acuífero concretas.

En este estudio se intentan aclarar estas cuestiones apoyándose también, en datos hidrométricos de manantiales, cauces colectores de varias surgencias así como en aforos diferenciales en ríos, realizados en sucesivas campañas y donde se analizan las diferencias de caudal en distintas épocas y sus implicaciones hidrogeológicas.

2. HIDROGEOLOGÍA

2.1. UNIDAD DE LA SIERRA DE SEGURA-CAZORLA (07.07)

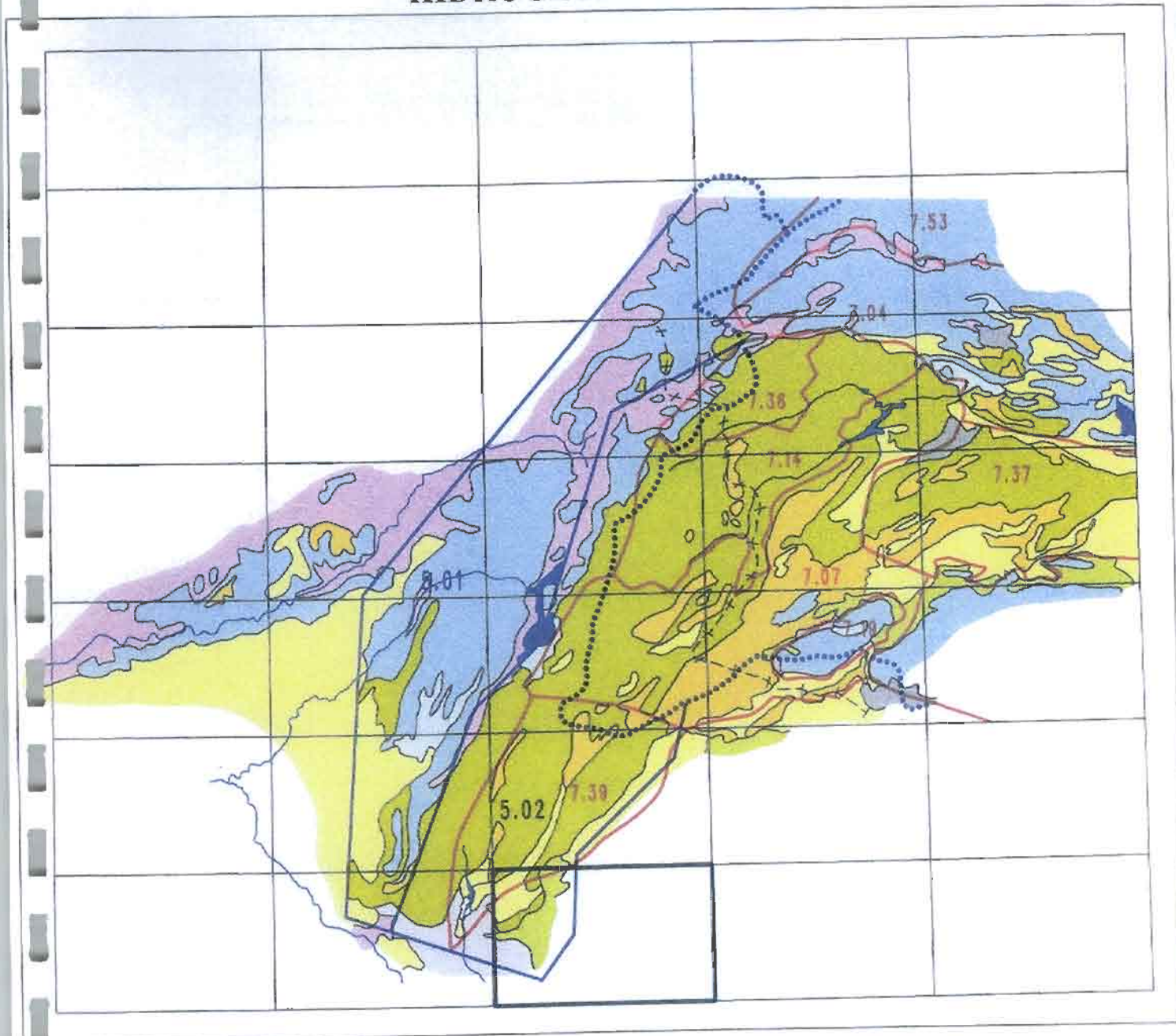
La originaria Unidad 07.07 de las Sierras de Segura-Cazorla (ITGE-DGOH, 1988) ha sido subdividida en 5 unidades dentro del proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura en ejecución por la Confederación Hidrográfica del Segura (1997) siguiendo un criterio de agrupación de acuíferos con características 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

Estas divisiones coinciden con dos grandes agrupaciones de acuíferos de diferente comportamiento hidráulico. Así se puede distinguir una primera zona de acuíferos colgados de relieve invertido en la mitad NO y otra zona al SE caracterizada por una abundancia de pliegues y pliegues-falla. La primera se correspondería con las nuevas unidades 07.14 y 07.36, mientras que la segunda lo haría con las unidades 07.07, 07.37 y 07.39.

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.

ESQUEMA ACTUAL DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS



ESCALA: 1/800.000

C TERNARIO



Arcilla, limos y arenas.
BAJA-MEDIA PERMEABILIDAD.



Gravas, arenas y limos.
ALTA PERMEABILIDAD.

CRETACICO



Margas y margocalizas.
BAJA PERMEABILIDAD.



Calizas, dolomías y margocalizas.
ALTA PERMEABILIDAD.

TRIASICO



Margas, arcillas con yeso y areniscos.
BAJA PERMEABILIDAD.

TERCIARIO



Margas, margocalizas y limos.
BAJA PERMEABILIDAD.



Calizas y dolomías.
ALTA PERMEABILIDAD.

JURASICO



Margas y margocalizas.
BAJA PERMEABILIDAD.



Calizas y dolomías.
ALTA PERMEABILIDAD.

— Poligonal cuenca del Guadalquivir y numero de U.H.

— Poligonal cuenca del Segura y numero de U.H.

..... Divisoria de cuenca hidrográfico

Estas dos subdivisiones son válidas para acuíferos cuya formación permeable principal sea la de dolomias del Cenomaniense-Turoniense 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 su 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.

La Zona de Relieve Invertido está situada en la parte noroccidental del Prebético Interno de las sierras de Segura-Cazorla desde el área de Riopar y el Calar del Mundo en la parte E de la Hoja de Yeste, hasta el entorno del río Madera en el tercio 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.

La Formación Dolomítica del Cenomaniense-Turoniense, 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. 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 N 10° E entre Pontones y el Calar de la Sima, sufriendo una brusca inversión a N 50° 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-Turoniense 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 lapiazés. 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 la Zona de Relieve Invertido se pueden encuadrar las actuales unidades hidrogeológicas 07.14 Segura-Madera-Tus y 07.36 Calar del Mundo.

La Zona de Pliegues y Pliegues-Falla se sitúa en la parte suroccidental y occidental del Prebético Interno de las sierras de Segura-Cazorla 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, Guadalentin, Castril y Guardal).

La formación de mayor interés hidrogeológico sigue siendo la de la formación 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 Gontar, 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 la parte suroccidental.

2.1.1. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LOS MATERIALES

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

La sucesión estratigráfica presenta diferencias en su comportamiento hidrogeológico en función de diversos factores que se pueden resumir en los siguientes:

- Permeabilidad
- Susceptibilidad 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:

2.1.1.1. Formaciones permeables del Cretácico inferior

Se caracterizan por poseer un grado medio de permeabilidad 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 como es el caso de los acuíferos Horadada y Ardal y en 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.

2.1.1.2. 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 Fm Arenas del 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 de Arenas del Utrillas totalmente impermeable como es 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 estensas 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.

2.1.1.3. Formaciones permeables del Cretácico superior

La formación permeable más importante en extensión y espesor es la de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de 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 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 (2334-2-0060) 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 15 km de galerías, aprovechando en parte, que las dolomías del Cenomaniense-Turonense poseen tramos arcillosos en esa área.

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 CO₂ 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.

2.1.1.4. 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.

Poseen 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-Turoniense 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, lo que confirma que las formaciones calcáreas favorecen la recarga.

2.1.1.5. 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.

2.1.1.6. 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.

2.1.2. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.14 SEGURA-MADERA-TUS

Compuesta por un conjunto de acuíferos cuyas características principales son las siguientes:

- El impermeable de base 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.

2.1.2.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

La realización del inventario de puntos de agua ha venido basicamente determinada por la fusión del existente en el ITGE proveniente en gran parte del Estudio Hidrogeológico de la Comarca de Cazorla-Hellín-Yecla (1971) y el proporcionado por la Confederación Hidrográfica del Segura aunque en el desarrollo de este estudio se han registrado algunos puntos nuevos.

2.1.2.2. REDES DE CONTROL

No existían redes de control previas a la realización de este estudio, por lo que a lo largo 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 estos acuíferos y para realizar una selección entre los mismos que permita la implantación de unas redes de control permanentes allí donde todavía no existen.

2.1.2.2.1. 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.

En la realización de los aforos se ha empleado un micromolinet AOTT Kempton, siendo procesados los datos de revoluciones y secciones parciales mediante el programa Aforosmo.

El período de medida abarca desde Julio de 1996 hasta Noviembre de 1997 a lo largo de 6 campañas de medición sobre 35 secciones de aforo (151 medidas) de las cuales 31 se han realizado sobre cauces y sólo 4 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 (2334-5-STA Y 2334-5-STC) y una con la U. H. 07.07 Fuente Segura-Fuensanta (2335-3-SSA).

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

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	TIPO	NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	TIPO
2235-4-0017	Fte. del Tejo	4	manantial	2335-1-SAA	Ayo. Alcantarilla	5	cauce
2235-7-SCA	Ayo. Cabeza gorda	1	cauce	2335-1-SCA	Ayo. Cabeza Mora	6	cauce
2235-7-SMA	R. Madera-Cjos R.	1	cauce	2335-1-SEA	Ayo. de la Espinea	6	cauce
2235-7-STA	Ayo. Tres Aguas	2	cauce	2335-1-SJA	Prado J. Ruiz 1	4	cauce
2235-8-SBA	Bco. de Barbua	5	cauce	2335-1-SPA	Prado J. Ruiz 2	4	cauce
2235-8-SCA	Ayo. Cjo. Fontarrón	5	cauce	2335-2-SMA	Ayo. Madera	6	cauce
2334-3-0037	Fte. del Lanero	6	manantial	2335-2-SSA	R. Seg.-Lozano	2	aforo dif.
2334-3-SEA	Ayo. Escudero	6	cauce	2335-2-SSB	R. Seg.-Casa Río	2	aforo dif.
2334-3-SMA	R. Mundo-Quejigal	1	aforo dif.	2335-3-SSA	R. Seg.-V. Siseros	4	aforo dif.
2334-3-SMB	R. Mundo-Camping	1	aforo dif.	2335-3-SSB	R. Seg.-M. Paules	4	aforo dif.
2334-4-SPA	Ayo. del Pardal	6	cauce	2335-3-SSC	R. Seg.-Pte. Graya	4	aforo dif.
2334-5-SCA	Ayo. de la Camarica	5	cauce	2335-3-STA	Ayo. Tinjarra	6	cauce
2334-5-SOA	Ayo. Coll. Tornero	6	cauce	2335-5-0063	Fte. de los 4 Caños	6	manantial
2334-5-STA	R. Tus-Coll. Torner.	5	aforo dif.	2335-5-SCA	Ayo. Cjo. Hornos	6	cauce
2334-5-STC	R. Tus-Aserradero	6	aforo dif.	2335-5-SGA	Ayo. Gorgollitas	6	cauce
2334-7-0015	Fte. Vallehermoso	6	manantial	2335-5-SHA	Ayo. los Huecos	6	cauce
2334-7-STB	R. Tus-Pajareles	1	aforo dif.				
2334-7-STC	R. Tus-Llano Torre	1	aforo dif.		TOTAL	151	
2334-8-SMA	Ayo. Morote	6	cauce				

2.1.2.2.2. Red piezométrica

Apenas existen sondeos en esta Unidad debido a que la existencia de gran cantidad de manantiales no ha hecho necesario la realización de los mismos. Por otro lado, el carácter colgado de los acuíferos trae consigo espesores saturados reducidos y poca capacidad de reserva. Por tanto, 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 2334-7-0083 y sondeo de los Collados 2334-3-0081) 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-Turonense, alcanzan en profundidad los materiales del ya citado Cretácico inferior por lo que sus caudales son bajos. Existe un último sondeo (2334-4-0078) 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	abast.
2334-3-0081	Sondeo de los Collados	2	abast.
2334-4-0087	Sondeo Molinicos	6	abast.
2334-7-0001	Sondeo del Mercado	6	ninguno
2334-7-0083	Sondeo Jartos	6	ninguno
	TOTAL	32	

2.1.2.2.3. Red de 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 Peñarrubia	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
Horadada	4	6	4	6
Ralaherrada	6	10	6	10
Peñas Coloradas	1	5	1	5
Cujón	7	14	7	14
Aislad. (Cret. inf.)	6	6	8	9
TOTAL	59	121	95	183

2.1.2.3. ACUÍFEROS

La Unidad 07.14 Segura-Madera-Tus está compuesta por los siguientes acuíferos:

- 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

2.1.2.3.1. Acuífero Cujón

Situado en la sierra del mismo nombre, al O de Molinicos, alcanza los 1565 m de altitud y posee una extensión de 25 km². Su formación permeable principal es la de las dolomías del Cenomaniense Turoniense junto con las calizas del Senoniense inferior que conforman la parte superior. En el extremo NE aparecen isleos de areniscas y calizas del Senoniense superior y de calizas bioclásticas del Mioceno Medio.

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 N, 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 E y S, 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.

Piezometría

Sólo existen dos sondeos en este acuífero; el sondeo del Lanero al N (2334-3-0079), de cota 960 m s.n.m. y el sondeo de las Hoyas (2334-3-0080) de cota 1070 m s.n.m. La piezometría del primero osciló en el periodo de estudio entre 899.08 m s.n.m. (7-11-1996) y 904.09 m s.n.m. (29-10-1997), cotas en cualquier caso más bajas que la fuente del Lanero (2334-3-0037) 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 S, su piezometría oscila entre 1050.47 m s.n.m. (7-11-1996) y 1053.62 (17-4-1997), bastante similar al manantial 2334-4-0037 (1050 m s.n.m.) al que regula en parte.

Las cotas de salida de manantial más altas se encuentran en el SO (2334-2-0008 y 1150 m s.n.m.) y las más bajas, al NE (2334-4-0046 Y 1020 m s.n.m.), y la ya citada fuente

del Lanero al N por lo que el flujo subterráneo centrífugo, se dirige preferentemente hacia el N y NE.

Funcionamiento hidrogeológico

Las entradas al acuífero se producen por infiltración de la lluvia útil. La surgencia principal visible es la fuente del Lanero (2334-3-0037) con cota 940 m s.m.m. cuyo caudal osciló en el período del estudio entre los 8,70 L/s (30-5-1996) y los 16,81 L/s (21-1-1997) con un caudal medio de 12.4 L/s ($0.4 \text{ hm}^3/\text{año}$). Posee una salida hacia el E por el arroyo de El Pardal medido en la sección 2334-4-SPA con un caudal máximo de 178,00 L/s (22-1-1997) y un mínimo de 7,37 L/s (30-5-1996), estimándose su caudal medio en 15,7 L/s equivalentes a $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ que unidos a los de la Fuente del Lanero da un total de $0,9 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Este caudal de drenaje es insuficiente según los recursos previsibles 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 9-7-1996 entre el Camping del río Mundo (sección 2334-3-SMB) y el núcleo de Quejigal (2334-3-SMA) 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.

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

Parámetros hidráulicos

No se conocen parámetros hidráulicos en base a los sondeos existentes y las salidas visibles de este acuífero son más pequeñas de lo que cabría esperar por su extensión (25 km^2) y pluviometría. Nótese que la salida media observable es de 32.51 L/s por lo que el caudal específico tendría que ser de 1.3 L/s/km^2 el cual resulta excesivamente bajo.

Por otro lado, el área de la cuenca de la sección de aforo 2334-4-SPA es de 13 km² por lo que se obtendría un caudal específico de 1.2 L/s/km², también bajo.

Características físico-químicas

Se posee un total de 14 análisis normales repartidos en 7 puntos y que corresponden a la campaña flash realizada en Junio de 1996 y a las campañas de recogida de muestras realizadas conjuntamente con las medidas de secciones de aforo entre Octubre de 1996 y Octubre de 1997.

Calidad natural de las aguas subterráneas

Se tienen 14 análisis de 7 puntos de los cuales 10 corresponden a la facies bicarbonatada cálcica, 2 a la facies bicarbonatada magnésica y otros dos a la facies bicarbonatada magnésico-cálcica con una conductividad que oscila entre 357 y 685 $\mu\text{s/cm}$. En el caso de las muestras recogidas en el arroyo del Pardal (2334-4-SPA) la conductividad es mayor en época de estiaje (685 $\mu\text{s/cm}$) que en época de crecida (365 $\mu\text{s/cm}$). En cuanto a la fuente del Lanero (2334-3-0037) esta pauta no parece seguirse.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 287 mg/L y un rango de variación de entre 221 y 338 mg/L. El anión Cl^- presenta una concentración media de 11 mg/L siendo sus concentraciones máxima y mínima de 34 y 3 mg/L, respectivamente. El anión SO_4^- posee un rango de variación más amplio de entre 9 y 74 mg/L con un valor medio de 25 mg/L. Entre los cationes, el más importante es el Ca^{++} , con una concentración media de 60 mg/L y un rango de variación de entre 44 y 75 mg/L, seguido del Mg^{++} con un valor medio de 31 mg/L y una oscilación entre 21 y 41 mg/L. Por último, el Na^+ oscila entre 2 y 24 mg/L con una media de 6 mg/L.

Vulnerabilidad y focos de contaminación

En el contenido en nitratos de las muestras de este acuífero hay dos que destacan por su elevado valor: los manantiales 2334-3-0070 (35 mg/L) y 2334-3-0068 (11 mg/L). Los demás oscilan entre 0 y 7 mg/L.

2.1.2.3.2. 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.

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 S de la cola del embalse de la Fuensanta del río Tus y conglomerados, brechas y limos del Plioceno al N 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 E y por el río Tus al S, entre los núcleos de Los Collados y Llano de la Torre. Su cota máxima es el Cerro de la Mina con 1225 m s.n.m.
- Sector de Rala. Situado en la parte suroccidental y limitado por el río Tus al N. Sus cotas más altas las poseen el Cerro de Rala (970 m s.n.m.) y en su parte SO (1075 m s.n.m.).
- Sector de Herrada. Situado en la parte central entre el arroyo Escudero al O, El arroyo Morote al E y el río Tus al S., entre los núcleos de Molinicos al NE y Llano de la Torre al SO. Su punto más alto está situado al NO con 1075 m s.n.m.
- Sector Horadada. Situado en la parte oriental y limitado por el arroyo Morote por el O, entre los núcleos de Molinicos al NO y Peñarrubia al SE. Su punto más alto es el vértice Horadada (1108 m s.n.m.).

Geometría

Se trata de un sinclinorio 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 Fm 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 N del mismo.

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 2334-3-0022 y 2334-3-0023 separados por escasos metros. La cota de salida de ambos es de 800 m s.n.m. y están situados al NE. Por el S las cotas oscilan entre los 680 m s.n.m. del 2334-3-0013 y los 800 m s.n.m. del 2334-3-0016 con caudales escasos.

- Sector de Rala

Al N del sector junto al río Tus, la cota es de 640 m s.n.m. (2334-7-0031) y en el extremo SO las cotas de salida se sitúan en torno a los 880 m s.n.m. (2334-7-0044) y los 900 m s.n.m. (2334-7-0052).

- Sector de Herrada

Tan sólo posee un sondeo, que sirve de abastecimiento a Molinicos (2334-4-0087), en la parte N y cuya cota de nivel piezométrico ha oscilado entre 878.17 y 883.25 m s.n.m. en el período desde Julio de 1996 hasta Octubre de 1997. Los manantiales próximos emergen a cotas próximas a 870 m s.n.m. como es el caso del 2334-4-0047. Hacia el S, antes de llegar al río Tus, las cotas de salida descienden a 800 m s.n.m. (2334-4-0022) y ya, cerca del río, a 640 m s.n.m. (2334-7-0030).

- Sector de Horadada

Las cotas de salida de los manantiales es muy variada debido a la compartimentación de este sector. Así pues, en el NO las cotas son de 880 y 900 m s.n.m. (2334-4-0039 y 2334-4-0042, respectivamente). Por el SO la cota desciende hasta los 720 m s.n.m. (2334-4-0008). Por el S la cota se eleva a 800 m s.n.m. (2334-4-0003 y 2334-4-0004). Hacia el centro-oeste, las cotas son de 880 y 800 m s.n.m. (2334-4-0025 y 2334-4-0024 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 2334-4-0078 (de cota 880 m s.n.m.), situado en la parte oriental aunque se supone que debe situarse en torno a 800 m s.n.m.

Funcionamiento hidrogeológico

Las entradas al acuífero se producen por infiltración de lluvia útil y por el arroyo del Pardal que drena el acuífero Cujón en su parte oriental, aunque es posible la entrada de recursos provenientes de zonas profundas a través de las surgencias 2334-3-0022 y 2334-3-0023 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-Turonense 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:

- 2334-3-SEA. Arroyo Escudero o de los Collados
- 2334-8-SMA. Arroyo Morote
- 2334-4-SPA. Arroyo del Pardal
- 2334-7-STB. Río Tus-Los Pajareles
- 2334-7-STC. 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:

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 N hacia el S. Los manantiales de origen profundo ya citados (2334-3-0022 y 2334-3-0023), situados al N de este sector, se drenan también a partir de este arroyo.

La sección 2334-3-SEA (arroyo Escudero) ofreció unos caudales de entre 29,17 L/s (16-7-1997) y 304,60 L/s (22-1-1997) 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 2334-8-SMA 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 2334-4-SPA arroyo del Pardal, principal tributario del arroyo Morote, según se expone en la tabla. Con la diferencia de los dos caudales se obtiene que el drenaje oscila entre los 9.07 y los 54.56 L/s con un caudal medio que puede estar en torno a los 26 L/s. La parte oriental del Sector Horadada no posee surgencias destacables aunque la ubicación del sondeo de abastecimiento de Peñarrubia (2334-4-0078) debe inducir un cierto flujo hacia el E.

Al S del río Tus y cerca de éste, en el Sector de Rala la cota de salida es de 640 m s.n.m. (2334-7-0031) 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 1000 m de longitud. Las secciones fueron la 2334-7-STC ("Río Tus-Llano de la Torre"), aguas arriba y 2334-7-STB ("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 el en ambas orillas.

Parámetros hidráulicos

No se conocen parámetros hidráulicos en base a los pocos sondeos que existen, tan sólo se pueden establecer los caudales específicos de las cuencas de recepción de los dos puntos de sección de aforo.

La sección 2334-3-SEA (arroyo Escudero) posee una cuenca de 24 km² y un caudal medio de 55 L/s con lo que se obtiene un caudal específico de 2.3 L/s/km².

Por otro lado, el área de recepción de la cuenca del arroyo Morote (2334-8-SMA) hasta su sección de aforo (descontando la de la sección del arroyo del Pardal, 2334-4-SPA) es de 39 km² que, junto con sus 26 L/s de drenaje medio, se obtiene un bajo caudal específico de 0.7 L/s/km².

Asumiendo que el drenaje proviene hidrogeológicamente del Sector Herrada (14 km²) y del Sector Horadada (14 km²) el caudal específico aumentaría a 0.9 L/s/km². En realidad, el Sector Horadada está muy compartimentado y su drenaje es muy difuso por lo que se puede considerar sólo su superficie permeable incluida en el área de recepción del arroyo Morote y que es de 4,5 km², por lo que el caudal específico sería esta vez de 1.4 L/s/km², cifra que sigue siendo baja.

Características físico-químicas

Se poseen 21 análisis de muestras recogidas entre Junio de 1996 y Noviembre de 1997, de los cuales en uno de ellos sólo se analizaron nitratos.

Calidad natural de las aguas subterráneas

Las muestras analizadas presentan facies de tipo bicarbonatado magnésico, bicarbonatado cálcico o de tipo intermedio entre ambas con la siguiente distribución:

- Bicarbonatadas cálcico-magnésicas 9
- Bicarbonatadas magnésicas 5
- Bicarbonatadas cálcicas 4
- Bicarbonatadas magnésico-cálcicas 2

El contenido en Mg^{++} con respecto al Ca^{++} es coherente con la constitución dolomítica de la formación permeable del acuífero. La conductividad oscila entre 420 y 642 $\mu S/cm$ con una media de 527 $\mu S/cm$.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 309 mg/L y un rango de variación de entre 214 y 404 mg/L. El anión SO_4^- presenta una concentración media de 49 mg/L con máxima en 101 mg/L y mínima en 15 mg/L. El anión Cl^- posee un rango de variación de entre 9 y 35 mg/L con un valor medio de 21 mg/L. Entre los cationes, el más importante es el Ca^{++} con un valor medio de 64 mg/L y un rango de variación de de entre 38 y 86 mg/L, seguido del Mg^{++} con un valor medio de 39 mg/L y una oscilación entre 24 y 56 mg/L. Por último, el Na^+ oscila entre 4 y 20 mg/L con una media de 12 mg/L.

Vulnerabilidad y focos de contaminación

El contenido en nitratos de las muestras es muy variable puesto que oscila entre 0 y 32 mg/L con una media de 7 mg/L. En realidad son sólo 4 medidas en 3 puntos las que poseen valores relativamente elevados de entre 13 y 32 mg/L, todas ellas en el Sector Horadada, puesto que el resto no supera los 8 mg/L.

2.1.2.3.3. Acuífero Ardal.

Situado junto a la población de Yeste, esta conformado por la sierra de mismo nombre cuyo punto culminante es el vértice Ardal de cota 1440 m s.n.m.

Su forma es de sinclinal colgado NE-SO coronado en la parte superior por la formación permeable principal de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense 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 12 km^2 .

No presenta una superficie plana ni fenómenos karsticos desarrollados visibles.

Geometría

Como se ha indicado, se trata de un sinclinal NE-SO que se encuentra atravesado por fallas NE-SO y en menor medida, E-O.

La formación permeable principal es la de las citadas dolomías del Cenomaniense-Turoniense, aunque también está presente una formación de calizas lacustres del Aptiense inferior, en contacto por fallas E-O en la parte NE, así como calizas lacustres del Mioceno medio-superior en la parte O.

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.

Piezometría

Entre los manantiales destaca la Fuente de Vallehermoso (2334-7-0015), con una cota de salida de 900 m s.n.m., así como el 2334-7-0060 (700 m s.n.m.), 2334-7-0061 y 2334-7-0062, 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 1080 m s.n.m. (2334-7-0046) cerca de Boche; 820 m s.n.m. (2334-7-0009) en el extremo S y de 1120 m s.n.m. (2334-7-0019) en el extremo SO. Existe un único sondeo, el 2334-7-0001, situado a unos 1000 m al NE de la Fuente de Vallehermoso cuyas cotas de nivel piezométrico oscilaron entre 923 y 925 m s.n.m., algo superiores a la de la fuente citada. Es un sondeo abandonado.

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 E, por el carácter termal y distinta facies hidroquímica citados.

La mayor parte de la escorrentía 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 1996 a Noviembre de 1997), y por los manantiales termales citados (2334-7-0060, 2334-7-0061 y 2334-7-0062) y situados en el NE.

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.

Parámetros hidráulicos

Se sabe que cuando se realizó el sondeo 2334-7-0001 dió un caudal de unos 5 L/s (1966). A principios de los años 70 su caudal era de 3.5 L/s con un nivel dinámico a unos 40 m de profundidad y un estático situado a los 16.70 m. Siendo una perforación de 88 m en total, se obtuvo así un caudal específico de 0.07 L/s/m, bastante bajo. Teniendo en cuenta que la base de la formación dolomítica se sitúa a 65 m de profundidad, el espesor saturado era muy pequeño (25 m). Por otro lado, el caudal de extracción de 3.5 L/s es del orden de lo que sale por la fuente de Vallehermoso.

Características físico-químicas

Se poseen 5 análisis de los cuales 4 pertenecen a la Fuente de Vallehermoso (2334-7-0015) y el quinto al manantial 2334-7-0060, de muestras recogidas entre Junio de 1996 y Octubre de 1997.

Calidad natural de las aguas subterráneas

La facies de los análisis de la Fuente de Vallehermoso son de tipo bicarbonatado cálcico con una conductividad que oscila entre 300 y 462 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una media de 383 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En cambio, en el 2334-7-0060, la facies es de tipo bicarbonatado-clorurado magnésico-cálcico con una conductividad notablemente mayor de 1037 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Entre los aniones mayoritarios encontrados en los análisis de la Fuente de Vallehermoso destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 265 mg/L y un rango de variación de entre 209 y 286 mg/L (344 mg/L en 2334-7-0060). El anión Cl^- presenta una concentración media de 6 mg/L con máxima en 9 mg/L y mínima en 3 mg/L (144 mg/L en 2334-7-0060). El anión $\text{SO}_4^{=}$ posee un rango de variación de entre 5 y 16 mg/L con un valor medio de 12 mg/L (121 mg/L en 2334-7-0060). Entre los cationes, el más importante es el Ca^{++} con una concentración media de 56 mg/L y un rango de variación de entre 47 y 63 mg/L, (90 mg/L en 2334-7-0060) seguido del Mg^{++} con un valor medio de 23 mg/L y una oscilación entre 11 y 29 mg/L. Por último, el Na^+ oscila entre 2 y 5 mg/L con una media de 3 mg/L. En el 2334-7-0060 el 2º catión en importancia es el Na^+ con 89 mg/L y a continuación, el Mg^+ con 58 mg/L.

La alta concentración de los iones Na^+ y Cl^- en la fuente termal es indicativo de un contacto con formaciones salinas del Trias de carácter diapírico.

Vulnerabilidad y focos de contaminación

El contenido en nitratos en la Fuente de Vallehermoso (2334-7-0015) es pequeño con una media de 3 mg/L entre valores de 0 y 4 mg/L. En el 2334-7-0060 los nitratos alcanzaron los 31 mg/L, cantidad apreciable que puede estar asociada a los fertilizantes empleados en la zona de riego adyacente.

2.1.2.3.4. Acuífero Tinjarra.

Situado al SO de Yeste entre esta población y el río Segura. Posee una forma semicircular de 23 km² de extensión donde la formación permeable principal es la de 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 E: la alineación N o Umbría del Bul cuya cota máxima es de 1313 m s.n.m. y la alineación S que comprende la Umbría de Tinjarra y la Muela de Paules cuyo conjunto posee 1433 m s.n.m. de cota máxima. La primera alineación ocupa el tercio norte del acuífero y la segunda, el resto.

No presenta fenómenos karsticos desarrollados en superficie.

Geometría

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

Piezometría

No existen sondeos en este acuífero. Las cotas de salida de sus manantiales se sitúan a 1100 m s.n.m. (2334-6-0004) en la Umbria del Bul, en el entorno de 1000 m s.n.m. (2335-2-0015, 2335-2-0020 y 2335-2-0022) en la parte occidental de la Umbria de Tinjarra y a unos 740 m s.n.m. (2335-2-0026) en Quebrañalejos, al S de la misma. Ninguna surgencia es importante.

Funcionamiento hidrogeológico

A pesar de su extensión, no posee surgencias de relevancia. El arroyo Tinjarra drena este acuífero hacia el E, desembocando en el río Segura. Posee caudales muy irregulares, medidos en la sección 2335-3-STA próxima a la desembocadura, encontrándose seco buena parte del año (mayo-noviembre de 1996) o con muy bajo caudal (0,25 L/s el 23-7-1997), en

cambio el 28-1-1997 se registraron 71,29 L/s. Es posible que su caudal medio se sitúe en torno a 5 L/s.

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 (2335-3-SSC) y un punto situado 2,5 km aguas abajo (2335-3-SSB), 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 S del acuífero en el entorno al núcleo de Rincón de Lozano entre el paraje Casa del Río (2335-2-SSB) y un punto situado 2 km aguas abajo (2335-2-SSA) donde los resultados fueron los siguientes:

Fecha	2335-2-SSB Q en L/s	2335-2-SSA Q en L/s	DIFERENCIA L/s
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 N, hacia formaciones del Cretácico inferior y Jurásico superior.

Parámetros hidráulicos

La cuenca de recepción del arroyo Tinjarra tiene una extensión de 21.5 km² e incluye gran parte de este acuífero. Si el caudal medio estimado se sitúa en 5 L/s, el caudal específico sería de 0.2 L/s/km² cifra bastante baja que confirma la idea de que buena parte de los recursos de este acuífero deben migrar en profundidad a través de fallas.

Características físico-químicas

Se poseen 18 análisis de muestras de 16 puntos de los cuales 10 análisis (10 puntos) son históricos del mes de Abril de 1971 en la época del "Estudio Hidrogeológico de la Comarca de Cazorla-Hellín-Yecla". Los 8 restantes análisis (6 puntos) corresponden a este estudio entre Junio de 1996 y Noviembre de 1997.

Calidad natural de las aguas subterráneas

Las facies de este acuífero son de tipo bicarbonatado cálcico, bicarbonatado magnésico y bicarbonatadas intermedias de tipo cálcico-magnésico o magnésico cálcico. La conductividad media oscila entre 395 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una media de 474 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Así pues entre las 10 muestras de Abril de 1971, las facies resultantes fueron:

- Bicarbonatada cálcica 8
- Bicarbonatada magnésico-cálcica 2

Por otro lado, las 8 muestras de los años 1996-97 se dividen en:

- Bicarbonatada magnésica 5
- Bicarbonatada magnésico-cálcica 2
- Bicarbonatada cálcica 1

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 278 mg/L y un rango de variación de entre 232 y 363 mg/L. El anión Cl^- presenta una concentración media de 14 mg/L con máxima en 18 mg/L y mínima en 7 mg/L. El anión SO_4^- posee un rango de variación de entre 10 y 125 mg/L con un valor medio de 37 mg/L. Entre los cationes, el más importante es el Ca^{++} con una concentración media de 54 mg/L y un rango de variación de entre 40 y 70 mg/L, seguido del Mg^{++} con un valor medio de 32 mg/L y una oscilación entre 17 y 62 mg/L. Por último, el Na^+ oscila entre 2 y 9 mg/L con una media de 6 mg/L.

Vulnerabilidad y focos de contaminación

El contenido en nitratos sólo se posee en las 8 muestras recogidas para este estudio. Sus valores oscilan entre 0 y 5 mg/L con una media en torno a 2 mg/L.

2.1.2.3.5. Acuífero Calar de la Sima

Se trata de un acuífero alargado N-S de unos 13 km de longitud y unos 5 km de anchura con una extensión de 62 km². Está situado entre el río Tus al N en el límite SO del Calar del Mundo y el río Segura al S 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 N, 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 (1898 m s.n.m.); y otro al S 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 S del vértice Mentiras. Se trata de un campo de dolinas de 1,5 km² de extensión a una cota media de unos 1710 m s.n.m. en el límite de las provincias de Albacete y Jaén.

Geometría

Está conformado por un sinclinorio N-S afectado por numerosas fallas y basculado hacia el E 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 N 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 S del río de mismo nombre. Las fallas son NE-SO y NO-SE. Más al S, 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 E. El límite S 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 N 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 S, 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 (ligera mente invertido el situado más al O) 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 N, en el río Tus donde no llega a disectar completamente la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense constituyendo, por tanto, un límite abierto.

Piezometría

No existen sondeos en este acuífero. Posee en cambio numerosos manantiales que emergen a cotas muy diversas debido a la fracturación.

Así pues, en el Sector de Calar de la Sima, las cotas de salida varían entre 1110 m s.n.m. (2334-5-0008) al NE, en el Cerro de la Molata del Imperio y los 900 m s.n.m. (2334-5-0036) 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) como se expondrá en el apartado siguiente. Las cotas por las que circula este río en el tramo de conexión oscilan entre 940 m s.n.m. en el Aserradero del río Tus y 840 m s.n.m. en Collado Tornero. Más al S, en este mismo sector, las cotas son de 980 m s.n.m. (2335-1-0038), 840 m s.n.m. (2335-1-0037) en la parte oriental mientras que en la occidental, las cotas son de 1280 m s.n.m. (2335-1-0043) y 1300 m s.n.m. (2335-1-0017). Por último, en el S 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 s.n.m. y 720 m s.n.m.

En el Sector de Loma Rasa y Cuerda de la Lastra, las cotas de salida son de 900 m s.n.m. (2335-1-0009) y 980 m s.n.m. (2335-5-0070) en la parte oriental; 1120 m s.n.m. (2335-5-0067) en la parte occidental y de 800 m s.n.m. (2335-5-0063) 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 O hacia el E. Por otro lado son significativos los drenajes del acuífero realizados por el río Tus al N 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 O hacia el E.

Funcionamiento hidrogeológico

Como ya se ha adelantado en el apartado anterior, el flujo subterráneo circula preferentemente desde el O hacia el E. No existen manantiales con caudal relevante por lo que el drenaje del acuífero se efectúa 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:

SECCIONES, CAUDALES Y FECHAS									
	2334-5-SOA Ayo. Collado Torneo	2335-2-SMA Ayo. Madera	2335-1-SAA Ayo. Alcantarilla	2335-1-SEA Ayo. de la Espinca	2335-1-SCA Ayo. Cabeza de la Mora	2335-5-SCA Ayo. Cjo. de los Hornos	2335-5-0063 Fte. de los Cuatro Caños	2334-5-SCA Ayo. de la Camarica	2334-5-STB (R. Tus-Aserradero) 2334-5-STA (R. Tus-C. Tornero) (*)
	28.44 (30-5-96)	141.57 (28-5-96)	156.48 (28-5-96)	213.57 (28-5-96)	9.13 (28-5-96)	2.29 (28-5-96)	24.71 (28-5-96)	-	-
	10.67 (23-10-96)	24.94 (22-10-96)	61.29 (22-10-96)	33.14 (22-10-96)	0.00 (24-10-96)	0.00 (24-10-96)	21.47 (24-10-96)	18.66 (22-10-96)	40.15 (22-10-96)
	194.98 (22-1-97)	507.49 (28-1-97)	843.01 (23-1-97)	588.05 (28-1-97)	64.71 (27-1-97)	42.68 (27-1-97)	42.74 (28-1-97)	413.46 (23-1-97)	303.46 (22-1-97)
	45.63 (24-4-97)	70.52 (16-4-97)	25.81 (16-4-97)	67.76 (16-4-97)	8.26 (16-4-97)	2.23 (16-4-97)	32.76 (16-4-97)	83.04 (24-4-97)	124.78 (24-4-97)
	3.00 (16-7-97)	12.99 (23-7-97)	20.00 (23-7-97)	24.38 (23-7-97)	2.00 (21-7-97)	0.25 (21-7-97)	13.01 (21-7-97)	20.44 (17-7-97)	97.06 (16-7-97)
	5.00 (29-10-97)	119.06 (6-11-97)	59.19 (30-10-97)	204.61 (4-11-97)	10.00 (4-11-97)	2.00 (4-11-97)	11.50 (3-11-97)	27.92 (30-10-97)	226.80 (29-10-97)
MAX.	194.98	507.49	843.01	588.05	64.71	42.68	42.74	413.46	303.46
MIN.	3.00	12.99	20.00	24.38	0.00	0.00	11.50	18.66	40.15
MED.	20	95	60	136	9	2	23	28	125

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

En la parte N del acuífero, su límite está abierto con respecto al acuífero Calar del Mundo. El río Tus atraviesa en ese tramo las dolomías del Cenomaniense-Turonense, compartidas por ambos acuíferos, por no haber podido disectarlas completamente en su incisión lineal, por lo que el río está drenando (se supone que en igual proporción) a ambos acuíferos en ese tramo. Las medidas de aforo diferencial (Octubre de 1996 a Octubre de 1997) arrojaron unos valores de 80.30 y 606.92 L/s con una media de 250 L/s (secciones 2334-5-STA Y 2334-5-STC). 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 2335-1-SEA).

La tercera sección en importancia es la del arroyo Madera (2335-2-SMA) 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 130.68 y 3000.58 L/s con un caudal medio de 498 L/s equivalente a 15.7 hm³/año.

Parámetros hidráulicos

Este acuífero tiene una extensión de 62 km² y un caudal medio continuo de 498 L/s, por lo que se obtiene un caudal específico de 8.0 L/s/km².

El caudal específico, referido a la suma de las áreas de cada cuenca de recepción (110.35 km²), es de 5.73 L/s/km². Este caudal es inferior puesto que las cuencas consideradas superan a la superficie del acuífero, incluyendo en las mismas, áreas de baja permeabilidad.

Características físico-químicas

Se poseen 58 análisis de 34 puntos de los cuales 42 y 17 respectivamente, se han realizado para este estudio entre Junio de 1996 y Noviembre de 1997 siendo el resto de Abril-Julio de 1971.

Calidad natural de las aguas subterráneas

Las facies de este acuífero son de tipo bicarbonatado cálcico, bicarbonatado magnésico y bicarbonatadas intermedias de tipo cálcico-magnésico o magnésico cálcico. La conductividad media oscila entre 270 y 735 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una media de 418 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 261 mg/L y un rango de variación de entre 171 y 462 mg/L. El anión Cl^- presenta una concentración media de 8 mg/L con máxima en 18 mg/L y mínima en 0 mg/L. El anión $\text{SO}_4^{=}$ posee un rango de variación de entre 2 y 96 mg/L con un valor medio de 24 mg/L. Entre los cationes, el más importante es el Ca^{++} con una concentración media de 57 mg/L y un rango de variación de entre 29 y 106 mg/L, seguido del Mg^{++} con un valor medio de 24 mg/L y una oscilación entre 6 y 54 mg/L. Por último, el Na^+ oscila entre 1 y 11 mg/L con una media de 4 mg/L.

Vulnerabilidad y focos de contaminación

El contenido en nitratos sólo se posee en las 42 muestras recogidas para este estudio. Sus valores oscilan entre 0 y 12 mg/L con una media en torno a 2 mg/L.

2.1.3. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.36 CALAR DEL MUNDO.

Representa a un único acuífero que da nombre a la unidad.

Está situado en la parte más noroccidental del Prebético interno de las sierras de Segura-Cazorla entre las poblaciones de Fábricas de Riopar al N, Yeste al S, Siles al SO y el arroyo de la Celada, afluente del río Mundo, al NE.

Incluye totalmente 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 145 km².

La cota más elevada corresponde al vértice geodésico de Argel con 1694 m s.n.m., aunque la superficie plana de la culminación de este calor se encuentra a unos 1550 n.s.m.m por término medio.

Hidrológicamente pertenece a las cuencas del Segura y Guadalquivir dando origen al río Mundo por el N, y arroyos tributarios del río Tus por el S en la primera cuenca y el río Frío por el O, afluente del Guadalimar, en la segunda.

2.1.3.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

La realización del inventario de puntos de agua ha venido basicamente determinada por la fusión del existente en el ITGE proveniente del Estudio Hidrogeológico de la Comarca de Cazorla-Hellin-Yecla (1971) y el proporcionado por la Confederación Hidrográfica del Segura aunque en el desarrollo de este estudio se han registrado algunos puntos nuevos aparte de alguno no incluido en ninguno de los anteriores.

2.1.3.2. REDES DE CONTROL

No existen redes de control previas a la realización de este estudio, por lo que a lo largo del desarrollo del mismo, se han medido una serie de puntos previos con el fin de mejorar el conocimiento hidrogeológico de estos acuíferos y así realizar una selección que permita implantar una red de control permanente.

2.1.3.2.1. Red hidrométrica

Las surgencias de este acuífero son muy numerosas con un rango de caudales muy variable por lo que ha sido necesario controlarlas de forma diferente. Así, los manantiales de caudal importante, se han controlado de forma individualizada mientras que los de salida difusa o coincidente en un cauce único se han medido en una sección sobre el mismo a la salida del acuífero. Por último se menciona el caso del río Tus entre el Aserradero del río Tus y Collado Tornero (secciones 2334-5-STC y 2334-5-STA respectivamente), donde recibe aportaciones de este acuífero y del de Calar de la Sima, situado al S, por lo que se han realizado aforos diferenciales adjudicando la mitad de la diferencia a cada uno.

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 silex), 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, 1979), 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-Turonense), que se acentúa hacia el O. Así en las proximidades del nacimiento del Arroyo Frio (2334-5-0058), el Senoniense inferior descansa directamente sobre el Cenomaniense inferior-medio mientras que hacia el E en el Arroyo del Molino, el Senoniense inferior descansa sobre el Cenomaniense superior.

A la vista de las formaciones existentes, se puede indicar que las dolomías del Cenomaniense-Turonense junto con las calizas micríticas y las areniscas y calcarenitas del Senoniense inferior, funcionarían claramente como niveles acuíferos mientras que las formaciones dolomítico-arcillosas poseerán 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 sinclinal 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: N79O, N19O y N49E. 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.

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 CO₂, 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 N, por una falla en el río Mundo entre Riópar y el arroyo de la Celada, que pone en contacto el Triás de arcillas y yesos con las formaciones permeables del acuífero.
- Por el O, la falla del "Alto Guadalquivir-Casa de la Noguera", sirve de límite entre el Prebético Externo y el Prebético Interno donde las formaciones permeables se ponen en contacto con el Trias citado aunque también con algún retazo aislado de dolomías del Dogger.
- Por el E, aflora el impermeable de base de la Fm 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 S, 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. 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 S de dicho río.

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 la parte 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 Frío (2334-5-0058) de cota 1080 m s.n.m. y la fuente Nacimiento de San Blas (2234-8-0053) de cota 1000 m s.n.m.

En la parte oriental, las diferencias son más evidentes por estar presentes los tramos semipermeables. Así, el Nacimiento del río Mundo (2334-5-0060) surge a cota 1200 m s.n.m. a favor de las calizas del Senoniense inferior, la fuente de la Peguera (2334-2-0053) de cota 980 m s.n.m., relacionada con las dolomías del Cenomaniense inferior-medio y la fuente de Arroyo Bravo (2334-2-0015) de cota 1150 m s.n.m. que surge en las dolomías del Turoniense.

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 ya enunciados.

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 CO₂.

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.

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:

SECCIÓN	Q máx. L/s (20/23-Ene.-1997)	Q estiaje L/s (22/25-Oct.-1996)	Q estiaje L/s (15/17-Jul.-1997)
ARROYO DE LOS MOLINOS 2234-8-GMA	1185.49	52.96	71.09
RÍO CARRIZAS 2234-8-GRA	1000	74.35	47.07
FUENTE DE RIOFRÍO 2334-5-0058	1129.46	212.62	185.05
ARROYO DE COTILLAS 2234-4-GCA	500	35.99	35.23
ARROYO DE LA PUERTA 2334-1-GPA	315.13	31.79	23.73
RÍO MUNDO 2334-2-SMA	2748.46	175.94	159.03
AYO. DE FTE. DE S. AGUSTÍN 2334-2-0071	481.92	50.04	57.83
AYO. DE LA CELADA 2334-3-SCA	449.35	14.92	25.27
ARROYO BRAVO 2334-7-SBA	2073.21	107.06	66.07
ARROYO DE LA SIERRA 2334-6-SSA	1149.09	84.58	54.49
ARROYO DE LAS MARINAS 2334-5-SMA	173.12	27.30	15.92
RÍO TUS-ASERRADERO 2334-5-STC RÍO TUS-COLLADO TORNERO 2334-5-STA (Semidiferencia de caudales)	303.46	40.15	97.06
TOTAL	11508.69	907.70 (28.63 hm³/a)	837.84 (26.42 hm³/a)

Estas cifras corresponden a datos de escorrentía total; no obstante, los resultados de las campañas de estiaje de Octubre de 1996 y Julio de 1997, pueden considerarse como próximos a los recursos subterráneos de este acuífero en esos dos años y que han sido de 28.63 hm³ y 26.42 hm³ respectivamente.

2.1.4. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.37. ANTICLINAL DE SOCOVOS

Situado 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 O 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 S de la Sierra de la Muela en el entorno del río Benamor.

Como formaciones de baja permeabilidad situadas entre las anteriores destacan de base a techo:

- 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 N 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 O, la falla N-S del valle del río Taibilla detectada en superficie al S y por geofísica eléctrica al N bajo relleno de Mioceno. Esta falla puede ser un límite cerrado en su zona N pero en el S debe presentar un límite abierto puesto que no parece que desconexione las dolomías del Cenomaniense-Turonense a ambos lados de la misma.
- Al S 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-Turonense, es previsible que estas cambien lateralmente a facies neríticas (de baja permeabilidad) hacia poco más al S 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 S 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 así definida tiene una extensión aproximada de 600 km^2 .

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 O a E 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 base a esta estructura junto con las relaciones de las distintas formaciones permeables así como las diferencias piezométricas, esta Unidad se puede dividir en 7 acuíferos: Letur, Férez, Tazona, Somogil, Taibilla, Capilla y Molata.

Se han calculado unas reservas totales de entre 2300 y 3800 hm³ (excepto la parte correspondiente a las formaciones del Jurásico superior) y que las que se consideran económicamente explotables (desde la cota 710 hasta la de 200 m s.n.m.) están comprendidas entre 1200 y 2000 hm³).

2.1.4.1. ACUÍFEROS

2.1.4.1.1. Acuífero Férez

Situado al N del Anticlinal de Socovos, está limitado por la falla de Socovos al NE y por la facies Utrillas al NO y S. Se trata de un pequeño sinclinal con eje de inmersión hacia el NE. El flujo subterráneo se dirige hacia el NE surgiendo en la fuente de Férez de cota 720 m s.n.m. cuyos caudales oscilaron entre 28,50 L/s (25-4-1996) y 11,22 L/s (29-10-1997) con un caudal medio de 17 L/s equivalente a 0,5 hm³/año.

2.1.4.1.2. Acuífero Letur

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 S por la facies Utrillas.

Es el flanco N del Anticlinal de Socovos. Su flujo se dirige hacia el N y NE surgiendo a través de tres manantiales, que se representan junto con sus caudales, en la tabla siguiente:

MANANTIAL	Q máx. L/s (fecha)	Q mín. L/s (fecha)	Q medio L/s	Hm ³ /año
Ceniches 2435-1-0003	6.00 (31-1-1997)	4.70 (1-11-1996)	5	0.2
La Herrada 2435-1-0002	118.60 (25-4-1996)	99.70 (1-11- 1996)	110	3.5
Letur 2434-6-0013	96.19 (29-10-1997)	55.00 (1-11- 1996)	71	2.2
TOTAL	220.79	159.40	186	5.9

2.1.4.3. Acuífero Somogil

Situado en la parte oriental del Anticlinal de Socovos está limitado al NO por la facies Utrillas de flanco S de la Sierra de la Muela y al S y SE, por el Frente de Cabalgamiento Subbético.

Está constituido por la depresión de Moratalla, que consiste en un potente relleno de materiales del Mioceno superior 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-Turonense 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.

En la parte occidental de este acuífero afloran las calizas del Eoceno medio (formando un pliegue-falla retrocabalgante hacia el SE en el río Benamor) y las dolomías del Cenomaniense-Turonense.

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.

Las salidas del acuífero se producen a partir del río Benamor o Moratalla controlado en la sección 2435-7-SMA cuyos caudales oscilaron entre 52,76 L/s (21-10-1996) y 252,38

(27-10-1997) con un caudal medio de 224 L/s que equivale a 7,1 hm³/año. Otra salida es la fuente de Las Murtas (2535-1-0002) cuyos caudales fueron de entre 5,10 L/s (11-11-1996) y 21,70 L/s (31-1-1997) con un caudal medio de 11 L/s equivalente a 0,3 hm³/año.

2.1.4.4. Acuífero Taibilla

Situado en la parte occidental del Anticlinal de Socovos, está limitado al N y SE por la facies Utrillas, al S por el Frente de cabalgamiento Subbético y al O por la falla del valle del río Taibilla cuya parte S representa un límite abierto.

La formación permeable principal es la de dolomías del Cenomaniense-Turonense, calizas del Eoceno y en menor proporción, calizas del Mioceno inferior. Tiene forma de anticlinal en su parte SE y anticlinal en la NO.

Sus salidas principales se realizan hacia el valle del río Taibilla a partir de la fuente de Vizcable con un caudal de entre 80,58 L/s (11-11-1996) y 135,80 L/s (25-4-1996) con un caudal medio de 105 L/s equivalente a 3,3 hm³/año. Otra salida importante es la que se produce al cauce del río Taibilla y la presa del Taibilla-Toma. Los aforos diferenciales realizados entre estos dos puntos (2335-8-STA y 2335-7-STA) arrojan una diferencia de caudal de entre 856 L/s (29-1-1997) y 1100 L/s (5-11-1997) con un caudal medio de 874 L/s equivalentes a 27,6 hm³/año.

Estos caudales deben proceder tanto desde esta parte del Anticlinal de Socovos como desde la orilla opuesta en la Loma del Sapillo, por lo que suponiendo que sólo la mitad pertenezca al acuífero Taibilla, el caudal medio sería de 437 L/s y 13,8 hm³/año.

2.1.4.5. Acuífero Tazona

Situado al NE del Anticlinal de Socovos, su formación permeable está compuesta por materiales del Cretácico inferior de escasa entidad. Contiene también en su seno, dolomías

del Jurásico superior de la Sierra de la Muela cuyos recursos subterráneos se manifiestan en surgencias a través de este acuífero.

Está limitado al NE por la falla de Socovos y por el resto de su perímetro por la facies Utrillas como impermeable lateral y de techo.

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. Su única salida conocida es la fuente de Tazona que debido a su escaso caudal, es previsible que sólo drene las formaciones del Cretácico inferior. Sus caudales oscilan entre 9,40 L/s (31-1-1997) y 21,67 L/s (29-10-1997) con un caudal medio de 12 L/s equivalente a 0,4 hm³/año.

2.1.4.6. Acuífero Capilla

Se encuentra superpuesto al acuífero Taibilla. Posee una superficie total de 52 km² (27.4 km² permeables).

Este acuífero está constituido por dos formaciones permeables: una al O, de calizas de Algas con un espesor máximo de 250 m, cuya edad es Aquitaniense-Burdigaliense (Mioceno inferior) y otra al E, 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 geofísica eléctrica 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 Subbético). El impermeable de techo viene definido por unas margas, calizas y areniscas del Mioceno inferior-medio.

El acuífero tiene una estructura compleja y diferente según los sectores. En el Sabinar consiste en un anticlinal que es interrumpido hacia el E por una pequeña falla de desgarre sinistral que atraviesa la citada población de NO a SE. Esta falla da paso hacia el E a una

serie monoclinal que buza hacia el S hasta la falla de desgarre dextral de Zaén de Arriba puesto que al otro lado de la misma buza hacia el N con algunos pliegues.

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 S 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 N 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.

El SE, las margas y margocalizas del Oligoceno.

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.

La piezometría está representada por 23 puntos de agua (22 manantiales y un sondeo) que viene representada 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	Regadio
2435-3-0010	M		1032	2	Abast. Benizar
2435-3-0013	M	Fuente de Charán	1190	0.12	Abast. Charán
2435-5-0001	M	Fuente del Sabinar	1190	3	Regadio
2435-5-0002	M	Fuente de los Peones	1193	0.5	Abast. Sabinar
2435-5-0018	M	Río Benamor	1197	0.5	Regadio
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	Regadio
2435-5-0022	M	Fte. de los Cantos (Com. de Regantes "Los Cantos")	1195	11	Abast. 4 familias
2435-5-0023	M	Los Cantos	1205	2	Regadio
2435-5-0024	M	Fuente de Zoya	1219	3	Regadio
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.-regadio
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.-regadio
2435-6-0026	M	Fuente del Rey	1157	9	Abast.-regadio
2435-7-0028	M	Fuente de Higuera	1050	1.5	Sin uso
2435-7-0030	M	Fuente del Rincón	1155	8-10	Regadio

Las isopiezas basadas en las cotas de los manantiales y el nivel del único sondeo existente (noviembre-diciembre de 1990) muestran 3 sectores:

- Sector occidental (El Sabinar-Zaén de Arriba). Presenta un flujo de NO a SE, estando situados los manantiales más caudalosos de todo el acuífero. Sus cotas se sitúan entre 1226 y 1140 m s.n.m.
- Sector central (Calar-Cueva de La Capilla). Limitado al O por la falla de Zaén de Arriba y al E por un umbral de dirección NO-SE que pasaría aproximadamente por el Cortijo del Altico. El gradiente piezométrico es hacia el SO con niveles entre 1250 y 1150 m s.n.m.
- Sector oriental (Benizar). Su flujo es hacia el NE con una piezometría entre 1155 y 950 m s.n.m.

Las salidas subterráneas están representadas por sus manantiales (el único sondeo existente nose usa) cuyo caudal conjunto fue de 86,8 L/s en noviembre-diciembre de 1990 que equivale a 2,7 hm³/año. 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 exacto.

La mayor parte del agua no se utiliza, alimentando al río Benamor. La utilizada, sirve para el abastecimiento público de ciertas pedanías con una población conjunta de 350 habitantes y para el regadío de unas 100 ha de hortalizas y cereales.

2.1.4.7. Acuífero Molata

Superpuesto al acuífero Capilla en el N de su sector central, incluye el Cerro y Cortijo de Bagil con los vértices Molata y Molata de Chacón (1417 m s.n.m.).

La formación permeable está constituida por 80-100 m de calizas y areniscas del Mioceno medio, siendo el impermeable de base las margas, calizas y areniscas del Mioceno inferior-medio.

La estructura es la de un sinclinal colgado muy suave de dirección NE-SO con buzamientos máximos en los bordes de 10°. La superficie es de 8,3 km².

Los niveles piezométricos definidos por sus cinco manantiales están comprendidos entre 1250 1282 m s.n.m. con un sentido de flujo hacia el N y el NE.

El caudal conjunto a través de sus manantiales fue de 28,5 L/s en Noviembre-Diciembre de 1990, que equivale a 0,9 hm³/año cifra en principio superior a la media según el razonamiento utilizado en el acuífero Capilla. Sin embargo, según el mismo estudio climático empleado para aquel, en sus 8,3 km² de extensión, toda permeable, hubo una lluvia útil de 1,6 hm³/año que con un coeficiente de infiltración del 60% da un total de 0,96 hm³/año, cifra un tanto superior a la esperada.

Existe un único análisis químico (fuente de Rubigán 2436-6-0007), cuyo residuo seco fue de 192 mg/L perteneciente a una facies bicarbonatada cálcica.

El agua se utiliza para el riego de 22 ha de cereales y hortalizas.

2.1.5. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 07.07 FUENTE SEGURA-FUENSANTA

Situada en la parte occidental de la Zona de Pliegues y Pliegues-Falla, limitada por el alto Segura en su margen derecha, hasta el embalse de La Fuensanta, incluye desde el NE hacia el SO las sierras de Juan Quilez (931 m), Sierra de los Molares (1082 m), Sierra de Gontar (1531 m) Cabeza Rasa (1604 m), Sierra de Huebras (1638 m) y Sierra de Almorchón (1964 m).

La formación permeable principal es la Formación Dolomítica del Cenomaniense-Turoniense 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 las culminaciones de las sierras citadas.

Como ya se ha indicado, la estructura se caracteriza por la presencia de pliegues de dirección predominante N 30 E de vergencia hacia el O 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 E 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 de ésta que limita esta unidad con la 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. A nivel de dolomías del Cenomaniense-Turoniense, 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 S de la Hoja de Nerpio. Así pues, el limite 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.

- Desde este último punto 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 N de Puebla de D. Fadrique hasta la falla que toma el nombre de esta población en un punto situado a 15 km al O de la misma.

- Por último, el limite por el SO se establecería por la Falla de Puebla de D. Fadrique de dirección ONO-ESE transversal al plegamiento principal, que separaría esta unidad de la de Castril (07.39) significando un límite hidrogeológico abierto.

Esta unidad así definida tiene una extensión de 1400 km².

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-Turonense) se encuentra oculta en áreas muy amplias. En cualquier caso, se ha podido establecer una división allí donde ha habido datos y criterios suficientes para ello.

2.1.5.1. ACUÍFEROS

Ya en el estudio "Investigación de los Acuíferos Carbonatados de las Sierras de Cazorla y Segura" (1990), se establece una primera división de esta área en una serie de unidades de la forma siguiente:

A. SECTOR NORORIENTAL

- Unidad de Juan Quílez
- Unidad de Gontar
- Unidad de Loma del Sapillo
- Unidad de Calar de Marchena
- Unidad de Tobos
- Unidad de Huebras
- Unidad de Pincorto

B. SECTOR CENTRAL

- Unidad de las Palomas
- Unidad de Almorchón
- Unidad de Arroyo Frio
- Unidad de la Vidriera
- Unidad de Guillimona

C. SECTOR MERIDIONAL

- Unidad de Pinar Negro
 - Unidad Nacimiento del Guadalquivir
 - Unidad La Canal Torre del Vinagre
 - Unidad de Cabañas-Gualay
- Unidad de la Sierra de Castril
- Unidad de Peralta
- Unidad de Sierra Seca

En este estudio, se realiza una nueva división similar a la anterior, pero modificada con la ayuda de nuevos datos obtenidos desde entonces.

Así pues se describen a continuación los distintos acuíferos que resultan en la subdivisión realizada para este estudio.

2.1.5.1.1. Acuífero Humoso-Juan Quílez

Situado al NE de la unidad, posee una extensión aproximada de 110 km².

Constituido por un sinclinorio fallado en dolomías del Cenomaniense-Turoniense con culminaciones de calizas lacustres del Mioceno medio, está surcado por el río Segura y su afluente, el río Taibilla.

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. Por otro lado, el embalse de La Fuensanta se sitúa en este acuífero sobre sus formaciones permeables, de modo que éste está siendo afectado por aquel. Este embalse sufre grandes cambios en su nivel a lo largo de todo el año, puesto que sus recursos se emplean en el regadío de las vegas de Murcia. 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.

En la parte S 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	SECCIONES DE AFORO (caudal en L/s)				Ganancia de caudal
	2334-8-STB Rio Taibilla-Casas del Pino 605 m s.n.m.	2334-8-SDA Arroyo de La Dehesa 630 m s.n.m.	2334-8-STB + 2334-8-SDA	2334-8-STA Rio Taibilla-Juan Quilez 570 m s.n.m.	
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 2334-8-STB y 2334-8-SDA, 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 2334-8-STA, 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.

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 se encuentra topográficamente por debajo de las secciones de aforo estudiadas. Por otro lado, en la orilla E del embalse, aflora el impermeable de la Facies Utrillas por lo que no puede recibir aportes subterráneos desde el E.

2.1.5.1.2. Acuífero Góntar

Constituido por un pliegue sinclinal de unos 25 km de longitud y 5 km de anchura media, de dirección N45°E, 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 es de 110 km² de los cuales 80 corresponden a afloramientos permeables.

Los límites de este acuífero pueden establecerse de la manera siguiente:

- Por el O, los afloramientos impermeables del Cretácico inferior del Anticlinal del río Segura.
- Por el E, los mismos afloramientos impermeables del anticlinal fallado de Sege.
- Por el S, por la existencia de una falla ONO-ESE que pasa por la Rambla de Camino.
- Por el N, 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 en el sentido de que es por aquí por donde este acuífero es drenado por el río Segura.

No existen manantiales importantes que drenen este acuífero. Es en el límite indicado donde se ha podido cuantificar un drenaje del mismo a partir de las secciones de aforo 2335-3-

SSA, río Segura-Vado de Siseros y 2334-8-SSA, río Segura-Tindavar, aprovechando un episodio de aguas bajas en el embalse de la Fuensanta. Así pues el 6-11-1996 la sección 2335-3-SSA dió un caudal de 769,74 L/s mientras que la sección 2334-8-SSA anotó 1115,03 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 hm³/año, cifra bastante representativa para ese año teniendo en cuenta que se obtuvo en época de estiaje.

El flujo subterráneo principal se dirige, por tanto, hacia el NE.

2.1.5.1.3. Acuífero de el Berral

Situado entre la población de Yetas de Abajo y el río Taibilla, posee como formación permeable principal las dolomías del Cenomaniense-Turonense de unos 200 m de potencia, acompañada en contacto lateral fallado por el O, por una formación de calizas del Aptiense de unos 250 m de potencia máxima y superponiéndose de forma secundaria, unos materiales de permeabilidad media pertenecientes al Pliocuaternalio como conglomerados y arcillas rojas, que conforman la mayor parte de la superficie aflorante de este acuífero ocultando su estructura que, básicamente consiste en un suave sinclinal de dirección NE-SO con inmersión hacia el noreste por lo que respecta a la formación dolomítica y de flanco verticalizado e incluso invertido para la formación calcárea del Aptiense.

Esta complejidad estructural, oculta en buena parte, trae como consecuencia la dificultad de establecer unos límites claramente identificables debido al recubrimiento pliocuaternalio que ocupa buena parte de la superficie de este acuífero. No obstante, es posible establecerlos de la manera siguiente:

- Por el N, una falla NO-SE eleva este acuífero, desconectando su formación permeable principal.
- Por el S, 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), a nivel de su formación permeable principal por lo que podría representar un límite abierto.
- Por el E, se sitúa la falla del valle del río Taibilla donde tampoco está claro que desconecte la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense con respecto a la Unidad del Anticlinal de Socovos situada en la parte oriental de esta falla, representando por lo tanto, otro límite abierto.
- Por el O, el límite vendría dado por los afloramientos impermeables del anticlinal fallado e invertido de Sege.

No existen manantiales importantes que drenen los recursos de este acuífero por lo que éstos deben migrar lateralmente o en profundidad.

La primera posibilidad 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 S a contrapendiente de la formación dolomítica cenomanoturoniense por lo que cabe 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.

El único sondeo que posee este acuífero (2335-3- 0082) se encuentra situado a unos 600 m al noreste de la pedanía de Beg a la cual abastece (unos 100 hb.). 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 periodo de medida (7-11-1996 / 22-7-1997).

2.1.5.1.4. Acuífero Loma del Sapillo

Ocupa la parte más suroriental de la U. H. Fuente Segura-Fuensanta, siendo su formación permeable principal 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.

Los límites de este acuífero, son los siguientes:

- Por el NO aflora la formación Utrillas como impermeable de base de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense junto con una falla que queda en parte oculta por los conglomerados y arcillas del Pliocuaternalio a lo largo del arroyo de Las Herrerías y que puede representar un límite abierto con respecto al acuífero de El Berral a nivel de la formación dolomítica.
- Por el E, 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 S 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 S 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 E de Nerpio.

- Por el S 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 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 desde el S hacia este acuífero.

Presenta la estructura de un suave monoclinal fallado que buza unos 15° hacia el SE. El acuífero así definido posee 110 km².

Comportamiento 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 N 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, 2335-6-0016, 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	Río Taibilla-Nerpio N-E 2336-3-STA 940 m s.n.m	Río Taibilla-cola embalse de Taibilla 2335-8-STB 920 m s.n.m	Río Taibilla-Presa embalse de Taibilla 2335-8-STA 840 m s.n.m	Río Taibilla-embalse de Taibilla-Toma 2335-7-STA 605 m s.n.m
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, 2336-3-STA y 2335-8-STB, 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 (2335-8-STA en la entrada y 2335-7-STA en la salida). Los resultados de sendos aforos diferenciales son los siguientes:

AFOROS DIFERENCIALES EN L/S			
FECHA	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 poseen un comportamiento doble: drenan o aportan caudal al río Taibilla bajo pautas no claras puesto que no se correlacionan bien con los periodos de precipitaciones / estiaje. En particular, es difícil explicar una pérdida de 137.60 L/s en una época que había llovido algo con respecto a los sólo 20.70 L/s de noviembre del año anterior que había soportado un prolongado 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 período de medidas de entre 855.83 L/s y 1099.70 L/s, más correlacionable con el período de lluvias y de estiaje de ese intervalo.

Las surgencias directas a este tramo del cauce están inventariadas con los siguientes registros:

- 2335-7-0039
- 2335-7-0043
- 2335-8-0001
- 2335-8-0003
- 2335-8-0004
- 2335-8-0022
- 2335-8-0026

Todas ellas ofrecen el caudal conjunto de los aforos diferenciales.

2.1.5.1.5. Acuífero Calar de Pilillas-Palancares

Comprende a las denominaciones de las unidades de Calar de Marchena y de Tobos.

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 (1742 m s.n.m.) al NE, el cerro de Bermeja (1677 m s.n.m.) al E, Risca Buitreras (1692 m s.n.m.) al O, Los Puestos (1785 m s.n.m.) en el centro y el vértice Almorchón (1915 m s.n.m.) en el extremo SO como culminación de la Sierra de mismo nombre.

Caracterización geométrica

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-Turonense 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-Turonense, 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-Turonense no se llegan a desconectar totalmente a ambos lados de la misma.
- En el SE, el límite viene dado por una falla normal N60°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 E, la citada falla N60°E contacta con otra N30°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 Fm Arenas del Utrillas desde Vites hasta la parte N del Cerro de las Pilillas y desde la población de Marchena hasta Miller al N del Calar de Pilillas.

Este acuífero tiene 100 km² aproximadamente.

Piezometría

Como consecuencia de la complejidad estructural que presenta este acuífero, las cotas de salida de sus manantiales son muy variables. Así pues la salida visible más importante se sitúa en la Fuente de la Toba (2235-8-0013) con una cota de 1000 m s.n.m. y unos caudales que han oscilado entre 147.11 L/s (17-7-1997) y 461.68 L/s (23-1-1997) con un caudal medio de 166.06 (3-11-1997). Esta fuente drena la parte centro-occidental (Calar de Marchena).

La fuente de Tobos (2336-1-0001) de cota 1130 m s.n.m. posee unos caudales de entre 78.93 L/s (4-11-1997) y 219.57 L/s (27-1-1997) con un caudal medio de unos 100 L/s. Esta fuente drena la parte suroriental hacia el río Zumeta.

En el extremo NE en la población de Miller existen varias surgencias a distintas cotas entre las que destacan las correspondientes al 2335-5-0056 (15 L/s) a 1020 m s.n.m. y 2335-5-0060 (10 L/s) a 940 m s.n.m. Estas surgencias drenan el sector del Calar de Pilillas.

Los manantiales 2335-5-0037 (1260 m s.n.m.) y 2335-5-0038 (1250 m s.n.m.) están situados en la cabecera del arroyo de Marchena, drenando el S del Calar de Pilillas mientras que las surgencias 2335-5-0034 y 2335-5-0031 (1180 y 1060 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 (2335-5-SMA) en su desembocadura en el río Zumeta con un caudal que osciló entre los 7.00 L/s (21-7-1997) y los 257.77 L/s (27-1-1997) con un caudal medio de unos 49 L/s.

En la zona S, los manantiales más importantes son el 2236-3-0001 (1240 m s.n.m.) y 2236-3-0002 (1300 m s.n.m.) que drenan al río Segura entre Pontones y la desembocadura del río Madera y diversos manantiales situados entre Santiago de la Espada y Los Atascaderos, entre los que destacan el 2236-4-0002 (1320 m s.n.m.), 2236-4-0008 (1300 m s.n.m.) y 2236-4-0011 (1380 m s.n.m.), situado este último en el arroyo de Zumeta.

En general, el sentido de flujo principal, en función de las cotas de salida, se dirige desde el SO hacia el NE.

Funcionamiento hidráulico

El control hidrométrico de este acuífero, se ha efectuado a partir del aforo de sus manantiales más importantes que son los siguientes:

- 2235-8-0013 Fuente de la Toba
- 2336-1-0001 Fuente de Tobos

También se han empleado distintas secciones de aforo de los cauces involucrados:

- 2335-5-SMA arroyo de Marchena
- 2335-5-SGA arroyo de las Gorgollitas
- 2335-5-SHA arroyo de los Huecos
- 2335-5-SSA 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.

APORTES				SECCIONES DE APOYO			
2235-8-0013	2336-1-0001	2335-5-SMA (2)	(1)-	2335-5-SGA (3)	2335-5-SHA (4)	2335-5-SSA (1)	
Fuente de la Toba	Fuente de Tobos	Arroyo Marchena	(2+3+4)	Ayo. Gorgollitas	Ayo. los Huecos	R. Seg.- Juntas	
Fecha	Fecha	Fecha	Q (L/s)	Fecha	Fecha	Fecha	Q (L/s)
	Q (L/s)	Q (L/s)		Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)	
23-5-96	184.35	28-5-96	86.39	28-5-96	28-5-96	-	-
18-9-96	165.76	24-10-96	82.41	18-9-96	24-10-96	-	-
23-1-97	461.68	27-1-97	219.57	28-1-97	28-1-97	-	-
16-4-97	155.13	18-4-97	113.27	16-4-97	16-4-97	16-4-97	476.77
17-7-97	147.11	21-7-97	110.53	21-7-97	21-7-97	23-7-97	334.48
3-11-97	166.06	4-11-97	78.93	3-11-97	3-11-97	6-11-97	689.89
Q MEDIO	166	-	98	-	-	-	477
APORTE TOTAL: 611 L/s \diamond 19.28 hm³/año							

Merece la pena destacar la regularidad de los caudales de las dos fuentes principales. Tan sólo en la campaña de Enero de 1997 y debido a las fuertes lluvias, experimentaron una fuerte subida de caudal.

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.

Es probable que exista una transferencia subterránea en el mismo sentido de flujo, 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.

Los aportes subterráneos conjuntos desde los embalses de la Novia en el río Zumeta y Anchuricas en el río Segura, hasta la confluencia del primero en el segundo en Las Juntas tuvieron un valor medio de 298 L/s.

Parámetros hidráulicos

No se conocen datos de sondeos. Lo que se conoce es el área de recepción de la sección 2335-5-SGA del arroyo de Marchena que es de 18 km² y un caudal medio de 49 L/s con lo que se obtiene un caudal específico de 2.7 L/s/km². Por otro lado, el área de recepción del río Segura en Las Juntas (sección 2335-5-SSA) descontando las secciones controladas aguas arriba, es de 52.6 km² y un caudal medio de 298 L/s por lo que el caudal específico es de 5.7 L/s/km² que podría ser aun mayor si se descontara la superficie de cuenca de drenaje que ocupa parte del acuífero de Gontar en la zona del Morro de los Calderones (1425 m s.n.m.) situado en el NE, puesto que no debe ofrecer aporte subterráneo significativo.

Características físico-químicas

Se poseen análisis químicos de la Fuente de la Toba (2235-8-0013) y de la Fuente de Tobos (2336-1-0001).

2.1.5.1.6. 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.

Esta sierra está situada en la parte oriental del valle del río Zumeta y paralela a él, entre las poblaciones de Tobos (Jaén) y El Pozo (Albacete). Su punto culminante es el vértice Galacho con 1638 m s.n.m.

Caracterización geométrica

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 S de Santiago de la Espada, hasta la Rambla de Camino, situada río abajo, a unos 15 km hacia el NE, formando una banda de 40 km² de superficie.

En superficie, estos afloramientos presentan una estructura de anticlinal NE-SO.

Los límites de este acuífero no son siempre visibles puesto que en su desarrollo continua bajo los recubrimientos terciarios situados más hacia el E.

- Por el O, 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 km al S de Tobos donde en el núcleo del anticlinal aflora el impermeable de base de la Fm Arenas del Utrillas cuyos afloramientos se continúan por la margen derecha del río Zumeta hasta la Rambla de Camino.

- Por el N, 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 S, 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 O, esta formación queda oculta bajo formaciones terciarias suprayacentes así como la unidad alóctona de la Sierra de Taibilla de edad jurásica. Por el estudio de geofísica realizado para este Proyecto en un perfil geoelectrico que se realizó a lo largo de la Rambla de Almaciles al S de la citada sierra, se pudo interpretar que la formación dolomítica va perdiendo espesor hasta desaparecer a unos 7-8 km al O 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 E de Nerpio hasta la falla de Pontones, que en este sector discurre próxima a la Rambla de Almaciles, en el punto ya indicado al O de Cañada de la Cruz.

Piezometría

Tan sólo en el sector del río Zumeta, se puede poseer algún dato sobre los niveles de este acuífero puesto que posee relación con el mismo.

Así, las cotas por las que discurre este río sobre las dolomías del Cenomaniense-Turonense oscilan entre 1180 y 1100 m s.n.m. La fuente de Juaneli surge también a 1180 m s.n.m., vertiendo al río Zumeta.

Funcionamiento hidráulico

Existen dos secciones de aforo diferencial en el río Zumeta que controlan los aportes subterráneos que éste recibe:

- 2236-4-SZA Río Zumeta-Cortijo de Castellón
- 2336-1-SZA Río Zumeta-Puente de Vites

A la diferencia de caudales entre estas dos secciones hay restarle el aporte de la Fuente de Tobos 2336-1-0001 que vierte su caudal entre ambas.

Los caudales medidos se refieren en el cuadro siguiente:

CAUDALES EN L/s				
FECHA	2236-4-SZA (1) Río Zumeta-Cortijo de Castellón	2336-1-SZA (2) Río Zumeta-Puente de Vites	2336-1-0001 (3) Fuente de Tobos	Aforo diferencial (2)-(1)-(3)
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
Caudal medio	249	755	111	393

El caudal medio drenado en el período considerado ha sido de 393 L/s equivalentes a 12.4 hm³/año. Sin embargo hay que considerar que este volumen procede tanto de las dolomías del Cenomaniense-Turonense como de las calizas del Cretácico inferior, situadas estas últimas a partir de la confluencia del Barranco de Morenal a unos 1300 m al S 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 hm³/año

En base a los datos de la campaña geoelectrica se sabe que las dolomías del Cenomaniense-Turonense no están desconectadas a ambos lados de la falla que pasa por la Rambla de Camino al N del acuífero por lo que probablemente debe existir una transferencia de caudal hacia el acuífero de la Loma del Sapillo. En el S, la Falla de Pontones presenta un comportamiento análogo por lo que es posible que exista un aporte subterráneo proveniente de los sectores del Arroyo Frío, Vidriera y Cuerda de Guillimona. Por el E, 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.

Parámetros hidráulicos

La cuenca de recepción situada entre las dos secciones de aforo del río Zumeta es de 52 km² que con un caudal medio de 393 L/s equivale a un caudal específico de 7.6 L/s/km², bastante elevado, que confirma la importancia de los aportes subterráneos.

2.1.5.1.7. 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 el área que sirve de cabecera de la cuenca de recepción del río Taibilla. La cota más elevada se situa al S en la Loma de las Yeguas con 1877 m s.n.m., descendiendo por el valle de este río hasta unos 1100 m s.n.m.

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.

Caracterización geométrica

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.

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 Trias 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 O, 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 S, 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 E y SE, por el afloramiento y subafloramiento del cambio lateral de facies que presentan las calizas del Eoceno que pasan a margocalizas y margas.

Piezometría

Existen pequeños manantiales de escaso caudal en calizas del Mioceno inferior a cotas de 1480 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 2336-3-STB, con unas cotas en torno a los 1100 m s.n.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 1500 m s.n.m. y que vierte hacia el río Zumeta con escaso caudal.

Funcionamiento hidráulico

La única salida importante de este acuífero se realiza a través del río Taibilla, controlada por la sección 2336-3-STB situada a 1 km al O de Nerpio. Los caudales en el período de estudio fueron los siguientes:

CAUDAL (L/s)	FECHA
31.45	27-5-1996
62.71	21-10-1996
281.18	29-1-1997
155.98	23-4-1997
12.49	22-7-1997
124.62	5-11-1997
Caudal medio 94	-

El caudal medio obtenido fue de 94 L/s equivalentes a 3,0 hm³/año. 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 como puede 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.

En cualquier caso, el flujo principal subterráneo debe coincidir con el superficial dirigiéndose desde el OSO hacia el ENE.

Parámetros hidráulicos

El área de la cuenca de la sección 2336-3-STB es de 125.6 km^2 . Su caudal medio fue de 94 L/s con lo que se obtiene un caudal específico de 0.75 L/s/km^2 , excesivamente bajo y que confirma el hecho de que deben existir aportes subterráneos hacia otros acuíferos tal y como se ha indicado.