

**CAMBIL**

## 1.-GENERALIDADES

El municipio de Cambil tiene una población residente estable de 3.024 habitantes en enero de 2005 de los que 2.230 corresponden a Cambil, 775 a Arbuniel y los 19 restantes a Mata Bejid. El incremento estacional se estima en aproximadamente 450 habitantes. La demanda base, calculada en función de una dotación teórica media de 220 l/hab/día, es de 450 m<sup>3</sup>/día. En los meses de verano, julio, agosto y septiembre, sube a una demanda aproximada de 764 m<sup>3</sup>/día. Esto representa una demanda aproximada de 252.000 m<sup>3</sup>/año. El consumo real es de 171.841 m<sup>3</sup>/año, con un consumo base de 400 m<sup>3</sup>/día y punta de 568 m<sup>3</sup>/día.

El abastecimiento a Cambil se realiza desde un sondeo y un manantial, localizados dentro del propio término municipal. El sondeo, denominado Las Rosas o también Sondeo Cambil (193880012) y el manantial denominado Cortijo de Villanueva (193880003) drenan el agua de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S) 05.20 "Almadén". Además, el núcleo dispone de otro manantial denominado Fuente de la Celada (193880002) actualmente fuera de uso que drena la misma M.A.S..

El abastecimiento a la pedanía de Arbuniel se realiza en condiciones normales desde un sondeo denominado Los Mimbrales (193940008) y un manantial, Las Mimbreres (193940011); en situaciones de emergencia se utiliza el Nacimiento del Río Arbuniel (193940002) conocido también como Nacimiento de Arbuniel y Fuente de Arbuniel. Además, esta pedanía dispone de un sondeo denominado Cañada Barbarín (193940015) abandonado desde hace tres años debido al alto coste de elevación y a la mala calidad del agua (según informador municipal). Todos ellos drenan el agua de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte".

El sondeo Las Rosas se localiza en próximo al Arroyo de Jacinto Calderón, al sur del Cerro del Pulpito. El nivel piezométrico se situaba a 99,75 m de profundidad en 1996, a cota aproximada de 968 m s.n.m.. Suministra un caudal próximo a los 7 l/s.

El manantial del Cortijo de Villanueva se localiza junto al cortijo del mismo nombre a aproximadamente 3,5 km al norte del casco urbano de Cambil. Drena un

caudal que oscila entre 10 y 600 l/s de los que se derivan unos 14 l/s como máximo para abastecimiento.

La Fuente de la Celada se localiza a 2 km en línea recta al norte de Cambil, en las proximidades del Cortijo de Blas. Se tienen referencias de caudales entre 7 y 20 l/s aunque en la actualidad es mucho menor. Se encuentra fuera de uso aunque existe la idea por parte del ayuntamiento de ponerla nuevamente en uso.

El sondeo de Los Mimbrales se localiza en paraje conocido como Umbría de los Mimbrales, al sur de Arbuniel. Se desconoce la profundidad del nivel piezométrico aunque se estima que debe estar a 50-60 m. Suministra un caudal próximo a los 5 l/s.

El manantial de Las Mimbres se localiza en el núcleo de Arbuniel junto a los depósitos de abastecimiento. Tiene un caudal próximo a 0,5 l/s y el agua no se conduce a los depósitos sino a una fuente pública donde la coge la población para su consumo.

El Nacimiento del Río Arbuniel está situado en el casco urbano de la pedanía. Tiene un caudal medio de 456 l/s aunque su calidad química lo hace inadecuado para abastecimiento urbano. Solamente se utiliza en situaciones de emergencia.

El sondeo de Cañada Barbarín está ubicado en el paraje Loma del Gato, aproximadamente a 1 km al suroeste de Arbuniel. El nivel piezométrico se situaba a 68,10 m de profundidad en 1995, a cota aproximada de 932 m s.n.m.. Puede suministrar un caudal próximo a los 5 l/s aunque lleva tres años fuera de uso.

El agua procedente de las captaciones de abastecimiento se almacena en tres depósitos, uno en Cambil y dos en Arbuniel, que proporcionan una capacidad total de regulación de 659 m<sup>3</sup>. La capacidad óptima calculada para situaciones de demanda punta es de 1.146 m<sup>3</sup>, considerándose por lo tanto insuficiente la existente.

La gestión del servicio de abastecimiento es municipal.

En la fichas resumen adjuntas se presentan los datos anteriormente citados junto con un resumen de las infraestructuras. En los mapas a escala 1:25.000 que también se adjuntan se indican las captaciones y los depósitos de abastecimiento, la red de distribución en alta de abastecimiento urbano y los focos potenciales de contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas.

## 2. – INFRAESTRUCTURA

### 2.1. – DESCRIPCIÓN

#### CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO

1. "**Sondeo Las Rosas**" CA23018003 (193880012): Capta materiales carbonatados de la M.A.S. 05.20 "Almadén". Tiene una profundidad de 229 m y un diámetro de perforación de 260 mm. Se sitúa a cota 1.068,54 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 200 mm de diámetro interior.



metálica.

Su caudal de explotación es de aproximadamente 6,8 l/s. El nivel dinámico se situaba a 99,75 m de profundidad el día 12 de diciembre de 1996, a cota aproximada de 968 m s.n.m.. Está instalado con una electrobomba sumergible de 40 C.V. con la aspiración a una profundidad entre 150 y 160 m. La tubería de impulsión es

El sondeo dispone de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico, aunque se encuentra obstruido a 5 m de la boca, y de caudalímetro para la medida del caudal bombeado. Aunque no dispone de espita tomamuestras, se puede tomar en una ventosa cuyo respiradero sale de la caseta. Dispone de contador de energía



eléctrica pero el personal del ayuntamiento no tiene acceso visual al mismo.

No se pudo llevar a cabo la encuesta de cuantificación al no disponer de tubería piezométrica ni de acceso al contador de energía eléctrica. No obstante, con las lecturas del contador volumétrico tomadas por el personal del ayuntamiento y los recibos de la compañía eléctrica, se ha calculado el valor de "E" con bastante fiabilidad lo que ha posibilitado obtener un valor de extracción anual desde el sondeo de 57.136 m<sup>3</sup> para el año 2006.

**2. " Manantial del Cortijo de Villanueva" CA23018001 (193880003):** Situado en las inmediaciones del cortijo del mismo nombre, al este de Cerro Cántaro y al sur del Collado de la Atalaya, a cota 956,86 m s.n.m. drena los recursos de los materiales carbonatados de la M.A.S. 05.20 "Almadén".



Tiene un caudal que oscila entre 10 y 600 l/s. El agua surge en numerosos puntos, la mayoría de ellos al borde suroeste del camino de acceso. Se capta para abastecimiento en una caseta y en una construcción más reciente. En épocas de aguas altas la mayor parte del agua se filtra por debajo de la construcción. Además de para abastecimiento, el agua se capta para regadío en dos acequias denominadas de La Loma, hacia el este, y del Cortijuelo, hacia el oeste. El sobrante alimenta el Río Villanueva.

Se localiza a unos 4,2 km al norte de Cambil. El acceso se realiza por el camino que va al Cortijo de Villanueva desde Cambil (comienza asfaltado y posteriormente es de tierra).



**3. " Fuente de la Celada" CA23018002 (193880002):** Situada en las inmediaciones del Cortijo de Corralón, al norte del casco urbano de Cambil, a cota 860 m s.n.m. drena los recursos de los materiales carbonatados de la M.A.S. 05.20 "Almadén".



Se localiza a aproximadamente 1 km al norte de Cambil. El acceso se realiza por el mismo camino que conduce al sondeo de Las Covezuelas.

Drena un caudal medio de entre 7 y 20 l/s aunque en la actualidad proporciona caudales muy inferiores. El agua surge al pie de un afloramiento de calcarenitas del Mioceno. Se capta en una caseta y era conducida al depósito de Cambil aunque actualmente las conducciones están rotas.

**4. "Sondeo de Los Mimbrales" CA23018006 (193840008):** Capta materiales carbonatados de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte". Tiene una profundidad de 100 m. Se sitúa a cota 1.005 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 200 mm de diámetro interior.



Su caudal de explotación es de aproximadamente 5 l/s. El nivel estático se desconoce ya que el sondeo no dispone de tubería piezométrica. Está instalado con una electrobomba sumergible de entre 15 y 20 C.V. (según informador municipal) con la aspiración a una profundidad entre 90 m. La tubería de impulsión es metálica.

El sondeo no dispone de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico ni de caudalímetro para la medida del caudal bombeado por lo que



no se pudo llevar a cabo la encuesta de cuantificación. Tampoco dispone de espita tomamuestras.

**5. " Fuente de Las Mimbres" CA23018005 (193940011):** Situada en las inmediaciones Arbuniel, junto al depósito, a cota 950 m s.n.m. drena los recursos de los materiales carbonatados de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte".



Tiene un caudal medio próximo a los 0,5 l/s. Se localiza en las proximidades de los depósitos de Arbuniel y el agua es conducida a un pequeño depósito denominado de las Mimbres y de ahí a una fuente pública en la que se abastece la población de agua de boca ya que la procedente del sondeo de Los Mimbres tiene mal sabor (según

informador municipal).

**6. "Sondeo de Cañada Barbarín" CA23018004 (193940015):** Capta materiales carbonatados de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte". Tiene una profundidad de 265 m y se sitúa a cota 1.000 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 200 mm de diámetro interior.



Actualmente lleva tres años abandonado debido al alto coste de extracción del agua y a una avería del equipo de bombeo. Su caudal de explotación es de aproximadamente 5 l/s. El nivel estático se situaba a 68,10 m de profundidad el día 25 de julio de 1995.



Está instalado con una electrobomba sumergible de 25 C.V. (según informador municipal) con la aspiración a una profundidad a 220 m. La tubería de impulsión es metálica.

El sondeo no dispone de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico. Dispone de caudalímetro para la medida del caudal bombeado y de espita tomamuestras.



La encuesta de cuantificación no pudo llevarse a cabo al estar averiado el equipo de bombeo.

El agua de este sondeo, que fue perforado para resolver el problema de abastecimiento de agua potable a Arbuniel, presenta una calidad muy superior a la del sondeo de Los Mimbrales, actualmente en uso, con unos valores de sulfatos de 181 mg/l según análisis realizado en 1995 (fecha de construcción del sondeo) frente a los 446 mg/l del segundo.

**7. " Nacimiento del Río Arbuniel" CA23018008 (193940002):** Situado en el núcleo de Arbuniel, a cota 935 m s.n.m. drena los recursos de los materiales carbonatados de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte".



Tiene un caudal que oscila entre 144 y 1.500 l/s con una media de 465 l/s. Se le considera el único punto de drenaje natural del acuífero de Alta Coloma. Aunque el agua procede de las calizas y dolomías liásicas del mencionado acuífero, el agua surge en el seno de margas con yesos triásicas lo que le

confiere un marcado carácter salino al agua.

Debido a su calidad deficiente se usa solamente en situaciones de emergencia existiendo una infraestructura con caseta y bombas y una conducción hasta el depósito.

### DEPÓSITOS

Existen siete depósitos de regulación en uso:

- **DE23018001:** Denominado Depósito de Cambil, se sitúa a 845 m s.n.m.. Su base es rectangular y está fabricado de hormigón con dos cuerpos de 250 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno. Se abastece desde el sondeo de Las Covezuelas y el manantial del Cortijo de Villanueva y suministra agua al núcleo de Cambil.

- **DE23018002:** Denominado Depósito de Arbuniel, se sitúa a 950 m s.n.m.. Su base es rectangular y está fabricado de hormigón. Su capacidad de almacenamiento



total es de 150 m<sup>3</sup>. Se abastece normalmente del sondeo de Los Mimbrales y existen conducciones para abastecerlo desde el sondeo Cañada Barbarín y desde el Nacimiento del Río Arbuniel. Suministra agua al núcleo de Arbuniel.

- **DE23018003:** Denominado Depósito Antiguo de Cambil, se sitúa a 820 m s.n.m.. Tiene planta rectangular y está abandonado. Su capacidad de almacenamiento total es de 440 m<sup>3</sup>. Se abastecía de la Fuente de la Celada. Actualmente, las conducciones están rotas.
- **DE23018004:** Denominado de Las Mimbres, se sitúa a 730 m s.n.m.. Tiene planta rectangular. Su capacidad de almacenamiento total es de 9 m<sup>3</sup>. Se abastece de la Fuente de Las Mimbres. El agua se conduce a una fuente pública que utiliza la población para beber.

CONDUCCIONES

El sistema de conducciones de abastecimiento en alta tiene una longitud total de aproximadamente 8,6 km de tuberías. Sus principales características se incluyen en el cuadro adjunto.

Código	Diámetro (mm)	Tipo	Estado	Longitud (m)	Procedencia	Final
CO23018001	110	PVC	Se desconoce	3.923	Sondeo Las Rosas	Dep. Cambil
CO23018002	-	-	Se desconoce	1.032	Cortijo Villanueva	CO23018001
CO23018003	-	-	Rota	1.146	Fte. La Celada	Dep. Antiguo Cambil
CO23018004	100	Fibr.cem.	Se desconoce	329	Sondeo Mimbres	Depósito Arbuniel
CO23018005	-	-	Se desconoce	1.456	Cañada Barbarín	Depósito Arbuniel
CO23018006	-	-	Se desconoce	491	Nac. Río Arbuniel	Depósito Arbuniel
CO23018007	-	-	Se desconoce	237	Las Mimbres	Fuente
			<b>Total</b>	8.614		

## 2.2.- VALORACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Del estudio de la situación actual se deduce que:

1. Las captaciones tienen recursos suficientes para abastecer la demanda actual de la población.
2. El sondeo de Las Rosas (sondeo Cambil) suministra un caudal próximo a 7 l/s y tiene instalada una bomba de 40 C.V. No fue posible calcular la potencia activa ni el rendimiento al no disponer de tubería piezométrica ni de acceso visual al contador de energía eléctrica. No obstante, se ha podido calcular un factor "E" de 0,4735 con los valores de control de caudal realizados por el personal municipal y con los recibos de energía eléctrica.
3. El manantial del Cortijo de Villanueva representa el principal punto de abastecimiento a Cambil.
4. La captación de la Fuente de La Celada y su correspondiente conducción y depósito se encuentran fuera de uso aunque se estudia por parte de Ayuntamiento su puesta en servicio.
5. El sondeo de Los Mimbrales, que es el principal punto de abastecimiento a Arbuniel, suministra un caudal próximo a 5 l/s y tiene instalada una bomba de 15-20 C.V. No fue posible calcular la potencia activa ni el rendimiento al no disponer de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico ni de caudalímetro para la medida del caudal bombeado.
6. El sondeo de Cañada Barbarín lleva tres años abandonado debido, según informador municipal, al alto coste de extracción del agua y a una avería del equipo de bombeo. Su caudal de explotación es de aproximadamente 6 l/s.
7. La fuente de Las Mimbres se utiliza como abastecimiento de agua de boca y el agua no es conducida al depósito de Arbuniel ya que la población prefiere cogerla directamente.
8. El volumen de los depósitos en uso es de 659 m<sup>3</sup>, considerándose insuficiente.

### **3.- ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO**

#### **3.1.- M.A.S. 05.20 “ALMADÉN”**

##### **3.1.1.- GEOLOGÍA**

El sondeo de Las Rosas (Sondeo Cambil) (193880012) y los manantiales del Cortijo de Villanueva (193880003) y la Fuente de la Celada (193880002) se localizan en materiales incluidos en la M.A.S. 05.20 “Almadén” que se asocia a los tramos carbonatados de edad jurásica aflorantes en la alineación montañosa Almadén-Atalaya, los cuales se asignan a las unidades intermedias del Dominio Subbético (ITGE, 1993).

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes (DGOH, 1995; IGME, 1981; ITGE, 1983):

- Triásico: materiales arcillo-margosos, que forman la base impermeable de la unidad.
- Lías inferior: dolomías grises oscuras que no afloran en toda su potencia por estar cepilladas por una falla inversa que las pone en contacto con las margas del cretácico. Su potencia no sobrepasa los 40 m.
- Lías inferior-medio: está formado por calizas grises micríticas en estratos de hasta 2 m en la base que, hacia el techo, van disminuyendo de potencia. A techo el color es más oscuro y presentan un intenso diaclasado. Su potencia es próxima a 250 m.
- Domeriense superior-Toarciense: se trata de una alternancia de margas y margocalizas que a techo tienen un nivel de calizas nodulosas en facies de “falsa brecha”. La potencia del conjunto es de unos 50 m.
- Dogger: calizas grises micríticas permeables en bancos de unos 20 cm. En ocasiones de aspecto masivo, en las que se intercalan pequeños niveles de margas

gris-verdosas, y niveles de sílex hacia la parte central. Debido a razones tectónicas no afloran en su totalidad, siendo su mayor potencia vista próxima a 100 m.

- Malm: margas, margocalizas y calizas de unos 200 m de potencia.
- Cretácico: margocalizas, margas y calizas. También lo forman niveles de margas y areniscas con intercalaciones de turbiditas terrígenas.
- Terciario: formado en su mayoría por margas y calcarenitas con olistolitos de edad cretácica.
- Cuaternario: principalmente derrubios de ladera, conos de deyección y glacia.

### 3.1.2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración y karstificación (DGOH, 1995).

La potencia del acuífero es difícil de estimar dadas las condiciones de afloramiento de los materiales que lo constituyen, pero en principio se puede considerar entre 500 y 1000 m (equivalente al sector Cárceles-Carluca) (DGOH, 1995).

Los acuíferos de la M.A.S. están constituidos por materiales calcáreos y dolomíticos. Hacia el techo tienen intercalaciones margosas, que en ocasiones pueden ser importantes. En el extremo SE hay un afloramiento de calizas y dolomías del Subbético Interno que probablemente constituyen un bloque alóctono, desligado del resto del acuífero, enclavado en materiales de baja permeabilidad del Terciario (DGOH, 1995).

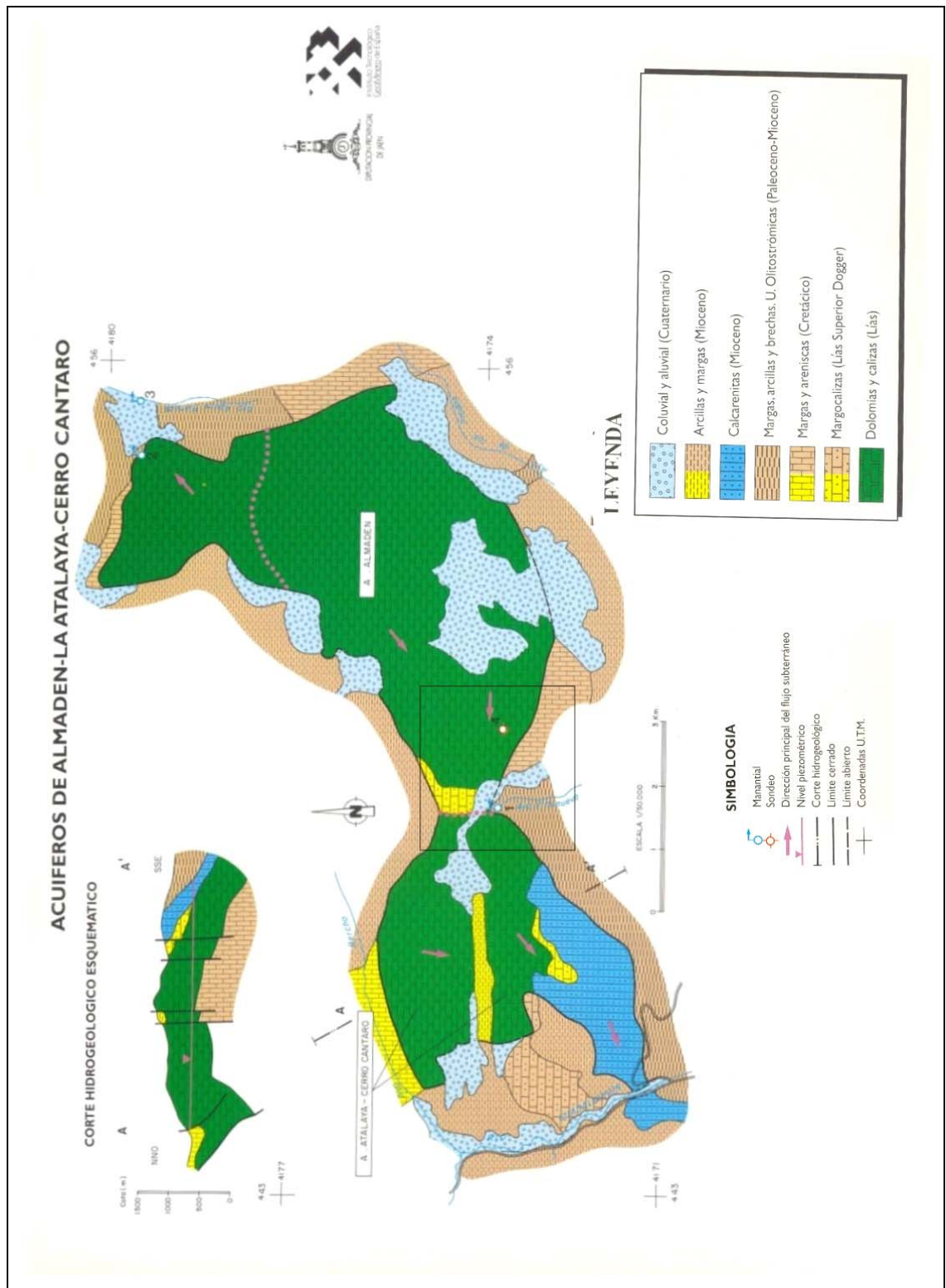


Figura 1: Hidrogeología del área donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Cambil.



### 3.1.3.- HIDROQUÍMICA DEL SECTOR

Las aguas de la unidad son de composición bicarbonatada cálcica o cálcico magnésica, con salinidades del orden de 350-400 mg/l.

La conductividad presenta valores generalmente entre 250-400  $\mu$ mhos/cm, mientras que el índice SAR es bajo (CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA, 1999; ITGE, 1999a). Utilizando la clasificación de la calidad del agua para usos agrícolas, las muestras mayoritariamente pertenecen a la clase C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, por lo que son aguas de salinidad media, aptas para la mayoría de cultivos.

Para abastecimiento las aguas presentan, en general, buena calidad química.

Dentro de este estudio se ha realizado un análisis fisicoquímico del agua procedente del sondeo Las Rosas y del manantial del Cortijo de Villanueva. Ambas presentan una facies bicarbonatada cálcica con conductividades a 20°C de 200 y 345  $\mu$ S/cm, respectivamente.

En la figura nº 2 se incluye un diagrama de Piper con la representación de las muestras analizadas. El análisis se incluye al final de este informe municipal junto con algunos de los parámetros calculados.

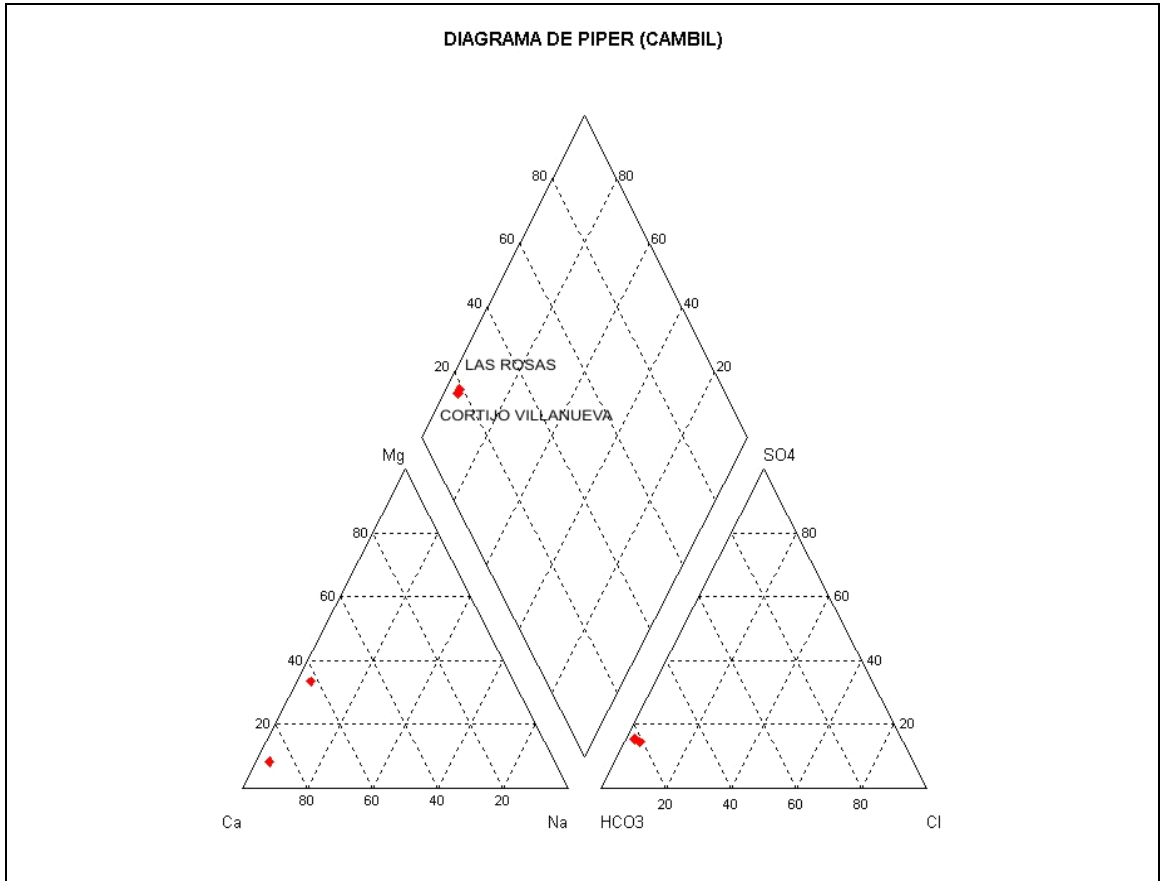


Figura nº 2: Diagrama de Piper del agua del sondeo Las Rosas y del manantial del Cortijo de Villanueva de abastecimiento a Cambil.

### 3.1.4.- LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

La M.A.S. está formada por un manto de cabalgamiento de materiales jurásicos de la Unidad Intermedia sobre litologías, eminentemente margosas, del Prebético. El frente de cabalgamiento se sitúa al norte de la unidad, sin embargo, por el sur, este y oeste, los afloramientos permeables están delimitados por fallas de gravedad que ponen en contacto el jurásico con margas y arcillas del Terciario o, en el caso de la zona oriental, con las litologías de margas y areniscas cretácicas del Prebético (ventana tectónica).

Todos los límites del acuífero son cerrados. El norte está definido por un cabalgamiento que pone en contacto los materiales carbonatados del jurásico, que constituyen el acuífero, con arcillas y margas del Mioceno o, en algunos puntos, con calizas brechoides y margas del Cretácico superior (DGOH, 1995 y 1999). Los límites este, oeste y sur están formados por fallas de gravedad que ponen en contacto el Jurásico con margas y arcillas del Terciario o, en el caso del límite oriental, con margas, areniscas y calizas cretácicas del Prebético Interno (DGOH, 1995 y 1999). No obstante en el suroeste de la unidad existe una abertura que podría permitir la comunicación del acuífero carbonatado con el río Guadalbullón. Esa comunicación hidráulica se realizaría a través de litologías terciarias, pues las calizas jurásicas tienen continuidad hidrogeológica en esa zona, compuestas por calcarenitas y margas miocenas de unos 150 m de espesor (DGOH, 1999).

### **3.1.5.- PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA**

Sólo se dispone de datos de un ensayo de bombeo realizado por el ITGE en 1995 en el sondeo Las Rosas de abastecimiento a Cambil (193880012). Se realizaron cuatro bombeos con sus recuperaciones, obteniéndose valores de transmisividad entre 185 y 720 m<sup>2</sup>/día (ITGE, 1995).

No se dispone de datos precisos sobre la piezometría de la unidad, pues son escasos los sondeos que actualmente la explotan. Los datos conocidos se refieren fundamentalmente a la cota de las principales surgencias.

### **3.1.6.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO**

La alimentación se produce exclusivamente por infiltración del agua de lluvia sobre sus afloramientos permeables. Las descargas se producen principalmente a través de los manantiales, ya que los bombeos son escasos en la actualidad. Debido a la escasez de sondeos no se puede establecer un flujo subterráneo a partir de isopiezas, conociéndose fundamentalmente a partir de la cota de las principales surgencias.

Los manantiales más importantes por el volumen drenado son 193880003 (Cortijo Villanueva), 203810025 (Fuente del Zar) y 203810022 (Fuenmayor). El primero está situado en el límite sur, a 937 m de altitud, y los otros dos, están situados junto al borde noreste, a cota 1.180 y 1.240 m respectivamente. El 193880003 tiene un caudal medio de 105 l/s, con máximos de 900 l/s (año 1997) y mínimos de algo menos de 20 l/s. De idéntica forma ocurre con los otros dos, que se miden conjuntamente; el caudal medio es de unos 47 l/s, y el mínimo y máximo, 10 y 360 l/s respectivamente (ITGE, 1993).

En todos los puntos controlados, junto con las importantes oscilaciones, se observa una disminución del caudal de drenaje desde 1983 hasta 1995 que, en principio, únicamente se puede atribuir a la disminución de la recarga por efecto de la sequía, ya que las extracciones por bombeo son poco importantes. Desde 1996 a la actualidad se recuperan los caudales, teniendo su máximo en el invierno 1996/1997.

#### Entradas:

Infiltración de agua de lluvia: ..... 5,3 a 6,2 hm<sup>3</sup>/año

#### Salidas:

Calculadas a partir de los caudales medios de los principales manantiales, muy variables y siempre sobre la base de datos de aforos comprendidos entre 1983 y 1996. El resto correspondería a drenaje a cauces.

Manantiales ..... 4,7 a 5,1 hm<sup>3</sup>/año

Descargas a través de los ríos ..... 0,6 a 1,1 hm<sup>3</sup>/año

Total ..... 5,3 a 6,2 hm<sup>3</sup>/año

Para años medios del período 1955/56 a 1984/85 las entradas por infiltración a esta unidad podrían alcanzar los 10-12 hm<sup>3</sup>/año, que podrían considerarse representativas de los recursos medios, aunque no se dispone de datos de aforos para su contraste. En cualquier caso, del análisis de los caudales drenados por manantiales se deduce que dicho caudal es, en secuencias climáticas secas, del orden de un 45-50 % del correspondiente a secuencias climáticas medias, valor coherente con los recursos indicados.

### 3.2.- M.A.S. 05.28 “MONTES ORIENTALES. SECTOR NORTE”

#### 3.2.1.- GEOLOGÍA

Los sondeos de Los Mimbrales (193940008) y Cañada Barbarín (193940015) y los manantiales de Las Mimbres (193940011) y el Nacimiento del Río Arbuniel (193940002) que abastecen a Arbuniel se localizan en materiales incluidos en la M.A.S. 05.28 “Montes Orientales. Sector Norte” que se asignan a la Zona Subbética en los dominios del Subbético Externo y Medio y que engloba además en su extremo oriental materiales acuíferos neógenos. Dentro de esta M.A.S., los puntos de agua objeto de estudio se encuentran en la Subunidad de Alta Coloma.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen de muro a techo son las siguientes (IGME, varias fechas):

- Triásico: Está constituido básicamente por arcillas versicolores y yeso entre los que aparecen enclaves de ofitas, materiales carbonatados y niveles de areniscas.
- Lías inferior y medio: Formado por dolomías masivas y calizas tableadas que en conjunto pueden alcanzar espesores de hasta 1.200 m, aunque los espesores más frecuentes son de 400 m.
- Lías superior-Dogger: Sobre las calizas y dolomías de la base del Jurásico se sitúa una serie constituida por margocalizas, margas y calizas tableadas, con niveles de rocas volcánicas cuyo espesor puede superar los 1.500 m.
- Malm: Se caracteriza por la presencia de un nivel inferior margoso de hasta 150 m de potencia y un nivel superior permeable constituido por calizas nodulosas y calizas con sílex, con una potencia de 15-30 m.
- Mioceno: Corresponde a una serie margo-arenosa con un especial desarrollo de niveles calcareníticos y areniscosos en el sector occidental, en esta zona tiene

una potencia media de 50-60 m y constituye el acuífero de Alcalá la Real-Santa Ana.

- Plioceno: Formado por niveles detríticos de diversa naturaleza, margas, conglomerados, arenas y calizas lacustres, cuya potencia podría llegar a alcanzar los 100 m.
- Cuaternario. Corresponde a abanicos aluviales, piedemontes, fondos de valle y depósitos aluviales.

### 3.2.2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO

Se trata fundamentalmente de una M.A.S. constituida por acuíferos carbonatados permeables por fisuración-karstificación y de carácter libre, aunque aparecen sectores confinados bajo sedimentos de baja permeabilidad cretácicos y jurásicos asociados a los núcleos sinclinales. Los acuíferos de La Camuña y Alcalá la Real – Santa Ana son acuíferos mixtos, permeables por porosidad y fisuración-karstificación, constituidos por areniscas y calcarenitas bioclásticas.

Se distinguen tres formaciones permeables con características de acuífero, las dolomías y calizas del Lías inferior, las calizas tableadas, nodulosas y oolíticas del Dogger-Malm y las calcarenitas miocenas.

A continuación se realiza una breve descripción de cada una de las subunidades y acuíferos que constituyen esta unidad:

- Subunidad Frailes–Boleta (IGME, 1986): Este acuífero, con una extensión aproximada de 25 km<sup>2</sup>, se sitúa al norte de la localidad de Frailes y está constituido por materiales jurásicos y cretácicos pertenecientes a las series de transición entre el Subbético Medio y Externo. Los materiales permeables están formados por dolomías y calizas del Lías inferior, con potencias del orden de 300 m, cuyos afloramientos ocupan una extensión de unos 2,2 km<sup>2</sup>. Sobre estos materiales, se dispone una serie margocalcárea, de carácter semipermeable, que abarca del Lías

medio al Cretácico. Los límites norte y noreste corresponden a materiales impermeables triásicos, que lo desconectan del acuífero de Fresnedilla-Pico Madera, y además constituyen su substrato. Al sureste, limita con el acuífero de Frailes-Montillana, y al este, con el de Charilla, límites que vienen definidos por la presencia de arcillas triásicas. Al noroeste, limita con el acuífero de Gracia-Morenita; este límite no está bien definido y existe la posibilidad de comunicación hidráulica entre ambos.

- Subunidad Frailes–Montillana (DGOH, 1999): Se sitúa entre las localidades de Noalejo y de Montillana, constituyendo los relieves montañosos de las sierras de Montillana y los Andanillos, que ocupan una superficie de 35 km<sup>2</sup>. El acuífero principal está constituido por dolomías y calizas tableadas liásicas, que con un espesor conjunto de unos 300 m, afloran en una extensión de 15,5 km<sup>2</sup>. La subunidad está asociada a una estructura anticlinal con cierre periclinal hacia el noreste y que cabalga sobre margas cretácicas al suroeste. El substrato impermeable del acuífero está constituido fundamentalmente por arcillas y yesos del Trías, y por margas cretácicas en la zona suroriental. Estas últimas constituyen además su límite septentrional. El límite meridional debe estar constituido por materiales del Trías. Al noreste los materiales acuíferos se hunden bajo las margas y margocalizas cretácicas, pudiendo continuar en profundidad hasta los afloramientos de la Subunidad de Alta Coloma.
  
- Subunidad Sierra del Trigo-Puerto Arenas (DGOH, 1999): Se localiza en la zona nororiental de la unidad y se extiende desde el cerro del Maceral, situado al oeste de Noalejo, hasta el entorno de Puerto Arenas. Ocupa una superficie de 40 km<sup>2</sup>, mientras que sus afloramientos permeables ocupan una extensión de 18 km<sup>2</sup>. Presenta dos niveles acuíferos, el principal está constituido por calizas y dolomías del Lías con un espesor de 100-200 m, y un nivel superior de 30-40 m constituido por calizas nodulosas del Malm. El substrato impermeable está constituido por arcillas y yesos del Trías; su límite meridional corresponde a los afloramientos de arcillas y yesos del Trías y materiales margosos sobre los que cabalgan estas estructuras. El límite septentrional corresponde a los afloramientos margosos del manto de Cambil.



- Subunidad Fresnedilla - Pico Madera (DGOH, 1999): Corresponde a los relieves montañosos de la Sierra del Trigo que ocupan una superficie de 40 km<sup>2</sup>; en ella se localizan dos niveles acuíferos, el principal constituido fundamentalmente por calizas y dolomías del Lías, con espesores de 100-200 m y el otro, asociado a calizas nodulosas y con sílex del Malm que presenta espesores de 40-80 m; los afloramientos permeables del acuífero principal ocupan una superficie de 5 km<sup>2</sup>. Sus límites oriental y occidental corresponden a sendos núcleos anticlinales donde afloran materiales arcillosos del Trías. En el borde norte, el acuífero se ve soterrado bajo una potente serie margosa del Cretácico inferior, mientras que en su parte meridional el límite está constituido por la serie margosa cretácica sobre la que cabalga.
- Subunidad de Alta Coloma (DGOH, 1999 e ITGE, 1996a): Está constituida por calizas y dolomías liásicas que, con potencias superiores a 300 m, se extienden desde Montillana y Noalejo hasta Arbuniel y Montejícar y afloran en los núcleos anticlinales de una serie muy replegada en dirección NE-SO. La superficie de los afloramientos permeables es de unos 35 km<sup>2</sup> sin embargo la superficie total del acuífero es bastante más elevada, ya que hay amplias zonas donde existe un recubrimiento de materiales de baja permeabilidad poco potente. Hacia el sur y oeste, los materiales acuíferos están recubiertos por la potente serie margosa jurásico-cretácica suprayacente que constituye su límite en dichos sectores. Su sustrato impermeable y límites septentrional y oriental están constituidos por arcillas y yesos del Trías
- Subunidad Alcalá la Real – Santa Ana (ITGE, 1999): Esta subunidad se sitúa entre los núcleos de Alcalá la Real y Santa Ana, está constituida por calcarenitas, arenas y conglomerados miocenos que ocupan una superficie de 6,6 km<sup>2</sup>. Se trata de un afloramiento tabular con espesores entre 36 y 97 m (50-60 metros de espesor medio) que se dispone, horizontalmente o buzando ligeramente al suroeste, sobre una formación margosa del Mioceno que constituye sus límites y sustrato impermeable. Aunque presenta carácter libre, en su zona suroriental existen algunos sectores confinados o semiconfinados, debido a la existencia de cambios laterales de facies.
- Subunidad de La Camuña (ITGE-DPJ, 1997): Corresponde a un acuífero libre del Mioceno superior que se extiende al sur de Castillo de Locubín, ocupando una

superficie de 5,5 km<sup>2</sup>. Está constituido por calcarenitas y arenas del Mioceno superior, que presentan espesores comprendidos entre 150 y 250 m. Estos materiales se disponen sobre una formación margosa del Mioceno, que constituye los límites y substrato impermeable. En el límite occidental, en contacto con los materiales permeables, se desarrolla un extenso glacis, formado por gravas y arcillas.

- Subunidad de Charilla (ITGE-DPJ, 1997): Se localiza al norte de la localidad de Santa Ana, en las inmediaciones de la pedanía de Charilla. Tiene una extensión próxima a 6 km<sup>2</sup>, en la que afloran materiales calcáreos y margocalcáreos jurásicos pertenecientes a las series de transición entre el Subbético Medio y Externo. Está formada por calizas y dolomías del Lías inferior que, con una potencia mínima de 70 m, afloran en una superficie de 1 km<sup>2</sup>. Sobre estos materiales se disponen materiales margocalcáreos del Jurásico medio y superior. El substrato impermeable corresponde a materiales arcillosos del Trías que constituyen además, sus límites septentrional, oriental y occidental. Hacia el suroeste, los materiales acuíferos se encuentran solapados por materiales margosos miocenos.

- Subunidad de Vadillo (ITGE-DPJ, 1997): Corresponde a un pequeño afloramiento jurásico, constituido por una estructura sinclinal, de dirección NE-SO y 3,5 km<sup>2</sup> de superficie. Se sitúa al este de la localidad de Castillo de Locubín, en torno al río Guadalcofón que lo atraviesa de sur a norte. Está constituido por calizas y dolomías del Lías inferior, con una potencia mínima de 70 m, sobre las que se disponen materiales margocalcáreos del Lías superior y calizas con sílex del Dogger, que ocupan el núcleo del sinclinal. El afloramiento jurásico se presenta colgado respecto al Trías, que constituye el substrato y los límites impermeables. Al suroeste, los materiales acuíferos se ven solapados por materiales margosos miocenos.

- Subunidad de San Pedro – La Rábida (IGME, 1986): Ambos conjuntos se sitúan al oeste de Alcalá la Real, en las inmediaciones de la localidad de La Rábida. El acuífero de la Sierra de San Pedro está constituido por un tramo calizo-dolomítico del Lías inferior de unos 100 m de potencia y unos 5 km<sup>2</sup> de extensión, perteneciente a una unidad geológica de carácter alóctono cuya serie estratigráfica es típica del Subbético Medio. El acuífero de la Rábida está constituido por un afloramiento detrítico

de edad Pliocuatnario, que alcanza una potencia de 10-15 m y una extensión de unos 4 km<sup>2</sup>. La disposición interna de la Sierra de San Pedro consiste en una sucesión monoclinial buzante hacia el norte, por lo que en esta dirección el tramo permeable queda confinado bajo las margas y margocalizas de su propia serie. Esta misma disposición se observa en el borde oriental del acuífero, mientras que en el meridional queda limitado por un extenso afloramiento de margas y arcillas triásicas. En su extremo suroccidental está parcialmente solapado por el Pliocuatnario de La Rábita.



Figura 3: Hidrogeología del área donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Arbuniel.

### 3.2.3.- HIDROQUÍMICA DEL SECTOR

Las aguas de la unidad presentan una composición bicarbonatada cálcica y cálcico-magnésica, son de mineralización media-alta y aptas para el consumo humano. Puntualmente en zonas de descarga relacionadas con materiales salinos del Trías, se localizan aguas con un contenido elevado en sulfatos, que puede impedir su utilización directa para abastecimiento urbano al superarse los límites marcados por la Reglamentación española, tal es el caso del manantial del Nacimiento del Río Arbuniel (193940002) en la Subunidad de Alta Coloma.

Dentro de este estudio se ha realizado un análisis fisicoquímico del agua procedente de los manantiales de la Fuente de Las Mimbres y del Nacimiento del Río Arbuniel y del sondeo de Los Mimbrales. La primera presenta una facies bicarbonatada cálcica con conductividad a 20°C de 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las otras dos muestras presentan facies sulfatada sódica con 1.236 y 972  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad a 20°C y un contenido en sulfato de 540 y 446 mg/l respectivamente, que supera el valor paramétrico de 250 mg/l del R.D. 140/2003 de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

En la figura nº 4 se incluye un diagrama de Piper con la representación de las muestras analizadas. Los análisis se incluyen al final de este informe municipal junto con algunos de los parámetros calculados.

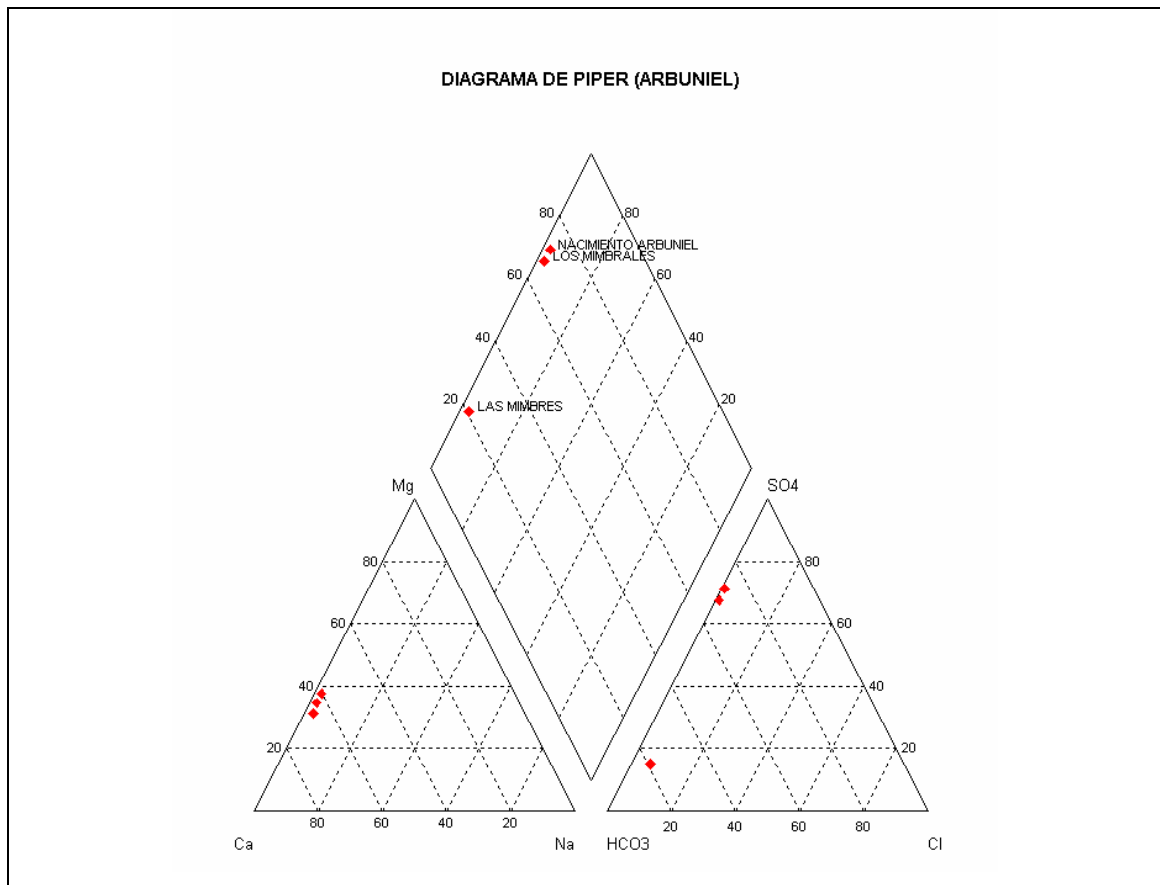


Figura nº 5: Diagrama de Piper del agua de las captaciones de abastecimiento a Arbuniel.

### 3.2.4.- LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

Los materiales carbonatados que constituyen la mayor parte de la M.A.S. se disponen según dos franjas paralelas con orientación NE-SO, separadas por un frente de cabalgamiento y niveles margocalizos cretácicos.

En el sector noroccidental, los materiales calcáreos liásicos cabalgan sobre margas y margocalizas cretácicas y jurásicas, actuando las arcillas y yesos triásicos como nivel de despegue. Los materiales calcáreos, sobre todo en las sierras del Trigo y Montillana, aparecen asociados a pliegues afectados por una intensa fracturación y cabalgamientos que llegan a invertir la serie en muchos sectores.

Los materiales del sector suroccidental corresponden a varios pliegues anticlinales y sinclinales sucesivos, de dirección NE-SO, de tal modo que los afloramientos calcáreos aparecen en los ejes anticlinales y aunque se encuentran conectados en profundidad, en superficie se encuentran separados por materiales margocalizos jurásicos que constituyen los núcleos sinclinales.

En el borde suroccidental este conjunto de materiales cabalga hacia el sur sobre depósitos terciarios; en el extremo suroriental, los materiales acuíferos se encuentran soterrados bajo materiales pliocenos detríticos constituidos por conglomerados y arcillas.

### **3.2.5.- PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA**

Existe muy poca información referente a los parámetros hidráulicos de la unidad, pues los únicos datos sobre materiales carbonatados corresponden a las subunidades de Alta Coloma, Charilla, San Pedro-La Rábita y Alcalá la Real-Santa Ana, con los siguientes valores de transmisividad:

• Alta Coloma:

- En un sondeo destinado a abastecimiento de Campillo de Arenas (Almendro Gordo, 193970032), que capta calizas Jurasicas de la subunidad de Alta Coloma, en un bombeo realizado en Agosto de 1995, de 200 minutos de duración se obtuvo un valor de transmisividad de 3.000 m<sup>2</sup>/día (ITGE, 1995b).
- En el sondeo de abastecimiento Domingo Pérez (193980006) se realizó un bombeo en Febrero de 1995, de 24 horas de duración se obtuvo un valor de transmisividad de 1.100 m<sup>2</sup>/día (ITGE, 1995a).
- En el sondeo de abastecimiento a Montejícar (203950016), que capta unas calizas y dolomías liásicas, en un bombeo realizado en 1982, se obtuvo una transmisividad de 1.500 m<sup>2</sup>/día (IGME, 1982).
- En el sondeo Cabezo de Utrera (203950025) de abastecimiento a Montejícar, entre 900 y 2.200 m<sup>2</sup>/día (IGME, 1987-88).



- En el sondeo Cañada Barbarín, de abastecimiento a Arbuniel (193940015), que capta calizas tableadas del Jurásico medio, en un ensayo de bombeo realizado en Julio de 1995, de 15 horas de duración se obtuvo un valor de transmisividad de 1-2 m<sup>2</sup>/día (ITGE, 1996b).
- En el nuevo sondeo de abastecimiento a Campotéjar (realizado a finales de 2006 por G&V Aplicaciones Ambientales S.L.), se obtuvo una transmisividad de 2.000 m<sup>2</sup>/día.

• Charilla:

- En el sondeo de abastecimiento a Charilla (184040058), 5.600 m<sup>2</sup>/día (IGME, 1986).

• San Pedro-La Rábita:

- En el sondeo 183960021 se obtuvo una transmisividad para las calizas y dolomías de 7.500 m<sup>2</sup>/día (IGME, 1986).

• Alcalá la Real- Santa Ana:

- La información sobre los parámetros hidráulicos de la Subunidad detrítica de Alcalá la Real-Santa Ana, es la obtenida en los sondeos de abastecimiento a Alcalá La Real y Santa Ana (184040075) y (184040077), en un bombeo de 6.840 minutos:
  - Transmisividad: 2.200-2.400 m<sup>2</sup>/día (ITGE, 1999)
  - Coefficiente de almacenamiento:  $2 \times 10^{-3}$  (ITGE, 1999)
- En el sondeo 184030024 se realizó un bombeo en junio de 1993 con una duración de 1.450 minutos y 180 minutos de recuperación, obteniéndose un valor de transmisividad situado entre 1.751 y 3.065 m<sup>2</sup>/día (ITGE, 1993).

La evolución piezométrica se conoce, en algunos sectores de la M.A.S. gracias al control periódico que desde 1994 realiza CHG en el sondeo El Chaparral (194010024) (Subunidad de Frailes-Boleta) y en 7 piezómetros de la Subunidad de Alcalá la Real. Además está la exhaustiva recopilación de información piezométrica de los sondeos los Llanos 184040075 y 184040077, realizada por el IGME (ITGE, 1999).

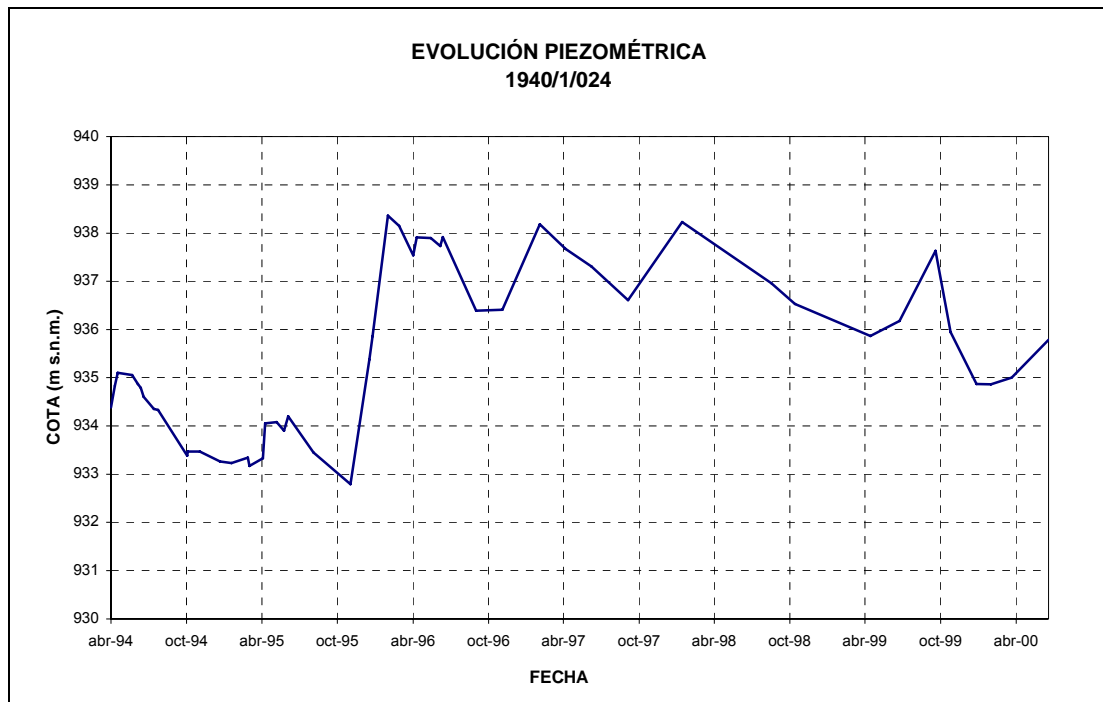


Gráfico 1: Evolución piezométrica del sondeo 1940/1/24

El gráfico 1 muestra la evolución piezométrica del sondeo 194010024 (representativo de la Subunidad Frailes-Boleta), en el período abril de 1994–abril de 1999. Puede observarse la rápida respuesta del acuífero a las precipitaciones, con un ascenso significativo de nivel como consecuencia del incremento de las precipitaciones del otoño de 1995 que supuso el final de la sequía; también se observan oscilaciones estacionales de nivel de 2-3 m.

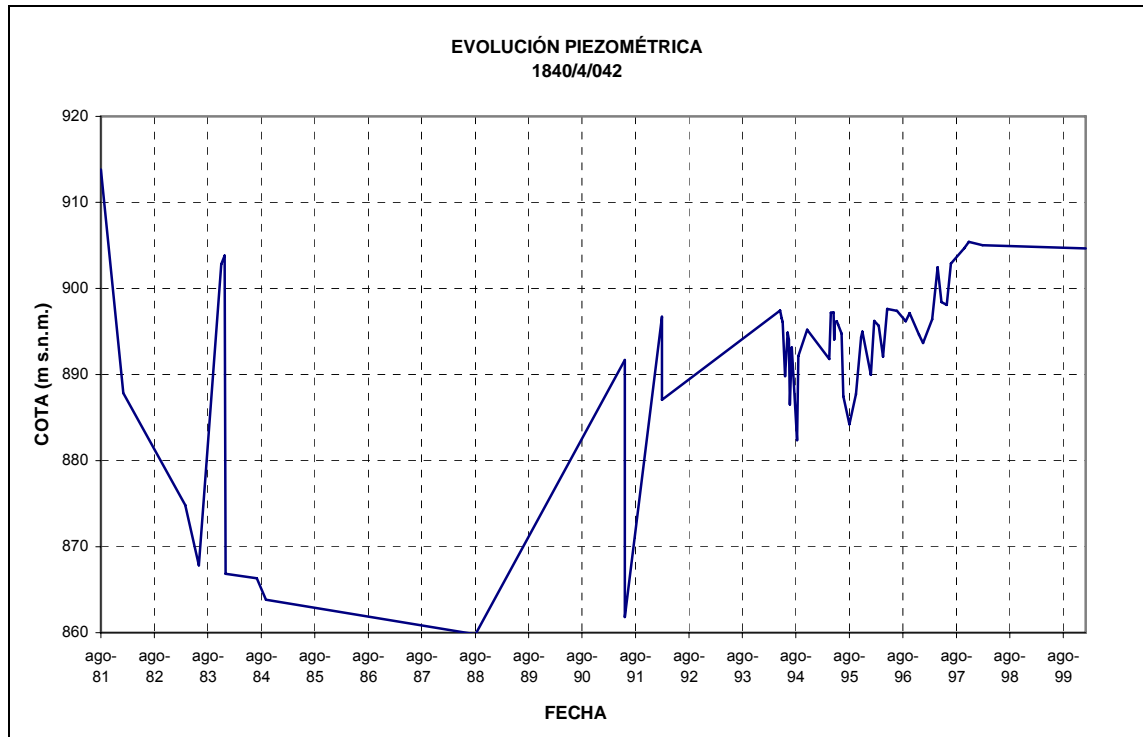


Gráfico 2: Evolución piezométrica del sondeo Llanos II

En el gráfico 2 se muestra la evolución piezométrica del sondeo Los Llanos II (184040042) (ITGE, 1999), en el período de agosto de 1981 a enero de 2000. En él, se observa un acusado descenso de niveles desde 1981 a 1988, como consecuencia de la intensa explotación para abastecimiento de Alcalá la Real. Posteriormente se observa una recuperación, que culmina en 1997, debido a la entrada en funcionamiento del sondeo de Frailes, lo que ocasiona una notable disminución de las extracciones del acuífero, pasando a realizarse extracciones sólo en estiaje.

No existen datos sobre reservas de agua explotables acumuladas en los acuíferos que componen la unidad, ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle.

### 3.2.6.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO

La alimentación de la M.A.S. se produce exclusivamente por infiltración de las precipitaciones sobre los afloramientos permeables y de forma diferida mediante percolación desde los materiales calco-margosos que recubren buena parte de las subunidades carbonatadas. Esto debe ser especialmente importante en el acuífero de Alta Coloma, ya que el volumen de recursos drenado por el manantial del Nacimiento del Río Arbuniel (193940002), única salida natural de este acuífero, es notablemente superior a la suma de las infiltraciones calculadas a partir de los afloramientos de alta permeabilidad del acuífero.

Las descargas se realizan fundamentalmente a través de manantiales en los contactos con los materiales impermeables que las limitan, con excepción de algunos acuíferos como Alcalá la Real-Santa Ana o San Pedro-La Rábida donde la explotación por bombeos es importante. A continuación se indica el funcionamiento específico y piezometría de las distintas subunidades que la integran:

- Frailes-Boleta (IGME, 1986): El acuífero drena fundamentalmente hacia el sur, a través del manantial de El Lavadero (194010013), cuya cota (980 m) representa su nivel piezométrico general. El nivel permeable del Jurásico superior, representa un acuífero colgado que drena a cotas superiores a través de diversos.
- Frailes-Montillana (DGOH, 1999): La unidad drena fundamentalmente en dirección oeste, hacia el río Frailes, a través de los manantiales de Haza Redonda (194010014), con un caudal medio de 110 l/s, y Puerta Alta (194020006), con un caudal de 24 l/s. El nivel piezométrico del acuífero viene impuesto por la cota de estas dos surgencias situadas a 960 m.
- Sierra del Trigo-Puerto Arenas (DGOH, 1999): Este acuífero drena hacia el noreste, al cauce del río Guadalbullón, a través del manantial de Puerto Arenas (193940001), situado a 720 m existe un pequeño sector acuífero que drena en el sector de Navalcán (nacimiento del río Villarejo), situado a unos 4 km al oeste de Noalejo. El

- nivel piezométrico de la subunidad viene impuesto por la cota de las descargas en Puerto Arenas.
- Alta Coloma (DGOH, 1999): El drenaje de la subunidad se produce hacia el noreste, a través del Nacimiento del Río Arbuniel (193940002), con un caudal medio de 456 l/s. El nivel piezométrico del acuífero viene impuesto por la cota de este manantial (940 m). En condiciones no influenciadas, la dirección y sentido preferenciales de flujo es hacia el norte. El gradiente hidráulico, calculado a partir de la cota de nivel cortada por el sondeo de abastecimiento a Campillo de Arenas (193970032), y de la cota de surgencia de manantial de Arbuniel, es del orden del 0,2 %.
  - Fresnedilla–Pico Madera (DGOH, 1999): El drenaje del acuífero se produce principalmente hacia el norte en la cabecera del arroyo de Carboneros manantiales de Cortijo Tercero y El Nacimiento (1939/6/2), situados a una cota de 1035 m. El sector meridional drena a una cota de 1.020 m, hacia el Río Luchena y Hoya del Salobral, a través de los manantiales de El Engarbo (194020025).
  - Alcalá la Real–Santa Ana (ITGE, 1999; REYES LUCAS, 2000): El nivel piezométrico de la unidad viene impuesto por los principales manantiales de descarga situados en su extremo meridional, como son Fuente del Rey (184040013) y Fuente Gallardo (184040021), situadas a una cota de 920 m. El sector noroccidental del acuífero drena a través del manantial de Fuente Corredera (184040074), situado a una cota de 960 m.
  - La Camuña (ITGE-DPJ, 1997): Las descargas se producen fundamentalmente hacia el norte, a través de los manantiales de El Caño (183970006) y Lavadero Público (1839/7/5), situados a una cota de 760 m, y mediante extracciones del sondeo Puerto del Castillo (183980021) de abastecimiento a Castillo de Locubín, que presenta idéntica cota. Además deben producirse descargas difusas hacia el glacis que recubre sus bordes.

- Charilla (ITGE-DPJ, 1997): Esta subunidad drena fundamentalmente hacia el suroeste, con una piezometría impuesta por el manantial de Charilla (184040018), situado a una cota de 918-925 m.
- Vadillo (ITGE-DPJ, 1997): La piezometría del acuífero viene impuesta por los manantiales de Vadillo (1839/8/12) y Vadillo Alto (183980011), situados a una cota de 680-700 m, en el cauce del río Guadalquivir.
- San Pedro–La Rábida: Una de las características hidrogeológicas de esta subunidad es la inexistencia de surgencias significativas, constituyendo los puntos de agua de interés una serie de pozos de excavación poco profundos existentes en el acuífero de La Rábida y más concretamente en el paraje denominado La Laguna. En este lugar se da la circunstancia que en años de elevada precipitación los pozos son surgentes y se forma una pequeña zona pantanosa. En el acuífero de San Pedro el punto de agua más significativo es el sondeo 183960046 de abastecimiento a La Rábida (Alcalá la Real) y Sabariego (Alcaudete).

Los datos aportados en los balances que se exponen a continuación provienen mayoritariamente de IGME (1986) revisado en ITGE-DPJ (1997), que trata en conjunto todos los acuíferos implicados en la M.A.S.. En líneas generales, los balances reflejan los problemas de una deficiente información, especialmente en lo que respecta al control de surgencias por manantiales o ríos relacionados con los acuíferos, ya que muy pocas de ellas han estado incluidas en las redes de control.

#### **Entradas:**

Infiltración de agua de lluvia sobre afloramientos permeables:

Subunidad Frailes-Boleta .....	0,6 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Frailes-Montillana .....	5,5 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Sierra del Trigo-Puerta Arenas .....	5,5 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Alta Coloma .....	8,0 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Fresnedilla-Pico Madera.....	1,6 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Alcalá la Real-Santa Ana.....	1,3 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad La Camuña .....	1,4 hm <sup>3</sup> /año

Subunidad Charilla .....	0,3 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Vadillo.....	0,7 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad San Pedro-La Rábita .....	2,0 hm <sup>3</sup> /año
<u>Subtotal</u> .....	<u>26,9</u> hm <sup>3</sup> /año

Infiltración diferida desde materiales semipermeables suprayacentes:

Subunidad Frailes-Boleta .....	2,2 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Frailes-Montillana .....	0,3 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Sierra del Trigo-Puerto Arenas .....	0,2 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad de Alta Coloma .....	2,8 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Fresnedilla-Pico Madera.....	3,4 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad de Charilla .....	0,4 hm <sup>3</sup> /año
<u>Subtotal</u> .....	<u>9,3</u> hm <sup>3</sup> /año

Otras entradas desconocidas..... 5,8 hm<sup>3</sup>/año

**TOTAL ENTRADAS ..... 42 hm<sup>3</sup>/año**

#### Salidas:

Salidas por manantiales:

Subunidad Frailes-Boleta .....	2,8 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Frailes-Montillana <sup>4</sup> .....	,5 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Sierra del Trigo-Puerto Arenas .....	0,1 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Alta Coloma .....	15,7 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Fresnedilla-Pico Madera.....	4,0 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Alcalá la Real-Santa Ana.....	0,8 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad La Camuña .....	0,7 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad de Charilla .....	0,65 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Vadillo.....	0,7 hm <sup>3</sup> /año
<u>Subtotal</u> .....	<u>29,9</u> hm <sup>3</sup> /año

Salidas ocultas a cauces y salidas difusas:

Subunidad Frailes-Montillana .....	0,6 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Sierra del Trigo-Puerto Arenas .....	5,6 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Fresnedilla-Pico Madera.....	1,0 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad La Camuña .....	0,6 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad de San Pedro-La Rábita .....	0,75 hm <sup>3</sup> /año

---

<u>Subtotal</u> .....	<u>8,55</u> hm <sup>3</sup> /año
Extracciones por bombeo para abastecimiento:	
Subunidad Frailes-Montillana .....	0,7 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Alta Coloma .....	0,3 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad Alcalá la Real-Santa Ana.....	0,4 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad La Camuña .....	0,1 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad San Pedro-La Rábita .....	0,25 hm <sup>3</sup> /año
Otros dispersos .....	0,05 hm <sup>3</sup> /año
<u>Subtotal</u> .....	<u>1,8</u> hm <sup>3</sup> /año
Extracciones por bombeo para regadío .....	1,7 hm <sup>3</sup> /año
<b>TOTAL SALIDAS</b> .....	<b>42</b> hm <sup>3</sup> /año



#### **4.- VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN**

##### **4.1.- INVENTARIO DE FOCOS CONTAMINANTES**

El municipio de Cambil presenta una muy importante actividad agrícola, ganadera e industrial lo que se traduce en un importante número de focos potenciales de contaminación.

En cuanto a la afección potencial sobre las captaciones de abastecimiento, esta afección no parece que pueda llegar a ser significativa salvo en el caso de alguna explotación avícola en Arbuniel.

##### **4.2.- VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN**

Los afloramientos permeables de la M.A.S. 05.20 “Almadén” presentan un alto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas debido, sobre todo, a la elevada permeabilidad de los materiales que la conforman. Los cultivos de olivar situados al norte del manantial del Cortijo de Villanueva (193880003) pueden suponer un foco potencial de contaminación (ITGE, 1999b).

Los afloramientos acuíferos de elevada permeabilidad de la M.A.S. 05.28 “Montes Orientales. Sector Norte” presentan un riesgo potencialmente alto o muy alto de contaminación en relación con las características propias de sus materiales carbonatados, mientras que los materiales semipermeables que recubren el acuífero, presentan un riesgo moderado de contaminación.

## 5. - FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

Los focos potenciales de contaminación se pueden observar en el mapa adjunto y se presentan en la Fichas de Focos Potenciales de Contaminación.

La actividad industrial del municipio consiste en cincoalmazaras, dos carpinterías metálicas, una estación de servicio de carburante, tres talleres de reparación de automóviles, una panadería, un punto de venta de fertilizantes y cuatro establecimientos hosteleros.

El alpeorujo se deposita en balsas localizadas sobre materiales de baja permeabilidad lo que supone que la afección potencial a las aguas subterráneas se considere baja. El resto de las industrias viertes sus aguas residuales a la red de saneamiento.

La actividad ganadera en el municipio es importante. Existen 49 granjas con un total de 29.777 cabezas que generan una carga contaminante total de 53,5 tm de N y 16,3 tm de  $P_2O_5$  al año. La mayoría de la cabaña ganadera la representa la ganadería aviar cuyo aporte es de 20 tm del total de N. En general, la mayoría de la cabaña ganadera aviar y porcina localiza sobre materiales de baja permeabilidad por lo que la afección potencial a las aguas subterráneas se considera insignificante. La ganadería ovina y equina, debido a su carácter disperso, tiene una afección potencial baja.

La superficie total cultivada en el municipio es de 5.401 ha, de las que 2.552 ha pertenecen a cultivos de regadío y 2.849 ha a secano. El principal cultivo es el olivar con 2.495 ha de regadío y 2.834 ha de secano. La afección potencial debido a estos cultivos por el uso de fertilizantes en exceso sería elevada en el caso del regadío localizado sobre materiales permeables e insignificante en el secano, situado sobre materiales de baja permeabilidad.

Los residuos sólidos urbanos son tratados fuera del término municipal. Además existen dos escombreras situadas una de ellas sobre materiales permeables. No

obstante, debido a la naturaleza e los vertidos (inertes) su afección potencial sobre las aguas subterráneas se considera insignificante.

Las aguas residuales generadas en el núcleo de Cambil se procesan en la EDAR mediante tratamiento secundario de aireación prolongada y posteriormente se vierten al Río Cambil aguas debajo de los puntos de abastecimiento. La potencial afección a las aguas subterráneas del aluvial se considera baja. La ARU de Arbuniel se vierten directamente y sin tratamiento previo alguno al Río Arbuniel. Su afección potencial a las aguas subterráneas del acuífero aluvial se considera elevada.

## 6.- VALORACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y POSIBLES MEJORAS

Del análisis de la situación actual se desprenden los siguientes resultados:

- Las M.A.S. donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Cambil y Arbuniel tienen recursos suficientes para abastecer la demanda urbana del municipio.
- El manantial del Cortijo de Villanueva puede mantener un caudal medio en torno a 105 l/s en épocas de pluviometría normal aunque en periodos de estiaje disminuye hasta caudales próximos a 10 l/s.
- La Fuente de la Celada tiene un caudal histórico de entre 7 y 20 l/s aunque actualmente es muy inferior y se encuentra fuera de uso.
- La instalación del sondeo Las Rosas, con una bomba de 40 C.V., es algo deficiente ya que la tubería piezométrica está obstruida y no se tiene acceso visual al contador de energía eléctrica.
- La instalación del sondeo de Los Mimbrales con una bomba de entre 15 y 20 l/s (no se pudo averiguar) es algo deficiente ya que no dispone de tubo piezométrico ni de caudalímetro. Tampoco dispone de espita tomamuestras.
- La Fuente de Las Mimbres tiene un caudal próximo a 0,5 l/s y suministra agua de boca a la población pero desde un pilar público. El agua no se conduce al depósito y a la red de distribución.
- El sondeo de Cañada Barbarín está instalado con una bomba de 25 C.V. y no dispone de tubo piezométrico aunque sí de caudalímetro para la medida del caudal bombeado y de espita tomamuestras. Desde hace tres años, el equipo está averiado y no se usa el sondeo.
- El Nacimiento del Río Arbuniel solamente se utiliza en situaciones de emergencia para lo que tiene instalada una bomba para elevar el agua al depósito de Arbuniel.
- El agua del sondeo de Los Mimbrales y del Nacimiento del Río Arbuniel supera el valor paramétrico de 250 mg/l del R.D. 140/2003 de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

- El volumen de depósitos es insuficiente para cubrir las necesidades de la población ya que no supera 1,5 veces la demanda punta.
- Las aguas residuales de Cambil se vierten después de su tratamiento en la EDAR al Río Cambil. Las ARU de Arbuniel se vierten sin tratamiento al Río Arbuniel, existiendo la posibilidad de una afección directa sobre el acuífero aluvial de dicho río.
- La afección sobre las captaciones de abastecimiento del municipio se considera insignificante.

### **POSIBLES MEJORAS**

Para obtener mejoras sobre el abastecimiento del agua a la población de Cambil se proponen las siguientes actuaciones:

1. Acondicionar el manantial del Cortijo de Villanueva según la Ficha de Acondicionamiento de Manantiales que se adjunta y llevar a cabo un control del caudal drenado.
2. Incluir de nuevo la Fuente de la Celada en el sistema de abastecimiento a Cambil con algún sistema de medida del caudal y llevar a cabo su seguimiento.
3. Corregir la no accesibilidad visual al contador de energía eléctrica del sondeo de Las Rosas e instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y llevar a cabo su seguimiento. Una vez instalada la tubería piezométrica y el acceso al contador de energía, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.
4. Instalar una tubería piezométrica, un caudalímetro y una espita tomamuestras en el sondeo de Los Mimbrales y llevar a cabo su seguimiento. Posteriormente realizar la encuesta de cuantificación correctamente.

5. Instalar un sistema de medida de caudal en la Fuente de Las Mimbres y llevar a cabo su seguimiento.
6. Reparar e instalar con tubería piezométrica el sondeo de Cañada Barbarín e incluirlo en el sistema de abastecimiento a Arbuniel. El agua de este sondeo es de mucha mejor calidad que la del sondeo de Los Mimbrales.
7. Depurar las aguas residuales de Arbuniel.
8. Aumentar la capacidad de almacenamiento.
9. Llevar a cabo un estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un sondeo de regulación del manantial del Cortijo de Villanueva.

## 7.-RESUMEN Y CONCLUSIONES

El municipio de Cambil tiene una población residente estable de 3.024 habitantes en enero de 2005 de los que 2.230 corresponden a Cambil, 775 a Arbuniel y los 19 restantes a Mata Bejid. El incremento estacional se estima en aproximadamente 450 habitantes. El consumo real es de 171.841 m<sup>3</sup>/año, con un consumo base de 400 m<sup>3</sup>/día y punta de 568 m<sup>3</sup>/día.

El abastecimiento a Cambil se realiza desde un sondeo y un manantial, localizados dentro del propio término municipal. El sondeo, denominado Las Rosas o también Sondeo Cambil (193880012) y el manantial denominado Cortijo de Villanueva (193880003) drenan el agua de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S) 05.20 "Almadén". Además, el núcleo dispone de otro manantial denominado Fuente de la Celada (193880002) actualmente fuera de uso que drena la misma M.A.S..

El abastecimiento a la pedanía de Arbuniel se realiza en condiciones normales desde un sondeo denominado Los Mimbrales (193940008) y un manantial, Las Mimbres (193940011); en situaciones de emergencia se utiliza el Nacimiento del Río Arbuniel (193940002) conocido también como Nacimiento de Arbuniel y Fuente de Arbuniel. Además, esta pedanía dispone de un sondeo denominado Cañada Barbarín (193940015) abandonado desde hace tres años debido al alto coste de elevación y a la mala calidad del agua (según informador municipal). Todos ellos drenan el agua de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte".

El agua procedente de las captaciones de abastecimiento se almacena en tres depósitos, uno en Cambil y dos en Arbuniel, que proporcionan una capacidad total de regulación de 659 m<sup>3</sup>. La capacidad óptima calculada para situaciones de demanda punta es de 1.146 m<sup>3</sup>, considerándose por lo tanto insuficiente la existente.

La calidad química de las aguas captadas para abastecimiento de Cambil es aceptable. Sin embargo, el agua de abastecimiento a Arbuniel presenta un contenido en sulfatos que supera el valor paramétrico de 250 mg/l del R.D. 140/2003 de 7 de

febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Las aguas residuales urbanas y de los vertidos industriales de Cambil se procesan en la EDAR mediante tratamiento secundario de aireación prolongada. Las de Arbuniel se vierten directamente al Río Arbuniel lo que afectaría potencialmente a las aguas subterráneas del aluvial en grado elevado.

Las mejoras se dirigen fundamentalmente a la instalación de tuberías piezométricas en los sondeos y sistemas de medición de caudal y al control de los caudales drenados por los manantiales y bombeados desde los sondeos junto con el acondicionamiento del manantial del Cortijo de Villanueva. Asimismo, se recomienda la puesta en servicio de la Fuente de la Celada y sobre todo del sondeo de Cañada Barbarín en sustitución del de Los Mimbrales. Además se recomienda llevar a cabo un estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un sondeo de regulación del manantial del Cortijo Villanueva junto con el seguimiento de la calidad química y del caudal de dicho manantial así como depurar las ARU de Arbuniel antes de su vertido al río.



**FICHA RESUMEN MUNICIPAL**

**FICHAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MANANTIALES**

**FICHA DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO**

**ANÁLISIS QUÍMICOS**

SampleID : 193880003  
 Location : CAMBIL  
 Site : CORTIJO VILLANUEVA  
 Sampling Date : 27/04/2006  
 Geology : 05.20 "Almaden"  
 Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 4.1289  
 Sum of Cations (meq/l) : 3.9354  
 Balance: : -2.40%

Calculated TDS(mg/l) : 208.3

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 3.76	18.81	10.53	188.1
Permanent hardness	: 0.47	2.33	1.31	23.3
Temporary hardness	: 3.29	16.47	9.23	164.7
Alkalinity	: 3.29	16.47	9.23	164.7

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	4.0	0.174	0.174	2.158
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	49.0	1.223	2.445	30.319
Mg++	16.0	0.658	1.316	16.319
Cl-	4.0	0.113	0.113	1.401
SO4--	30.0	0.312	0.625	7.75
HCO3-	201.0	3.295	3.295	40.859

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3.063	1.858	0.319	0.194
Ca/SO4	1.633	3.914	0.152	0.364
Na/Cl	1.0	1.542	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 6.6	0.1128
Carbonate (CaCo3)	: 25.232	0.2523
Dolomite (CaMg(CO3)2):	121.168	0.658
Anhydrite (CaSO4)	: 42.538	0.312
SiO2 as Quartz	: 3.996	0.067
or Feldspar (NaAlSi3O8):	17.447	0.067

SampleID : 193880012  
 Location : CAMBIL  
 Site : LAS ROSAS  
 Sampling Date : 21/09/2006  
 Geology : 05.20 "Almaden"  
 Watertype : Ca-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 1.9051  
 Sum of Cations (meq/l) : 1.9980  
 Balance: : 2.38%

Calculated TDS(mg/l) : 158.7

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 1.91	9.56	5.35	95.6
Permanent hardness	: 0.52	2.59	1.45	25.9
Temporary hardness	: 1.39	6.97	3.90	69.7
Alkalinity	: 1.39	6.97	3.90	69.7

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	2.0	0.087	0.087	2.229
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	35.0	0.873	1.747	44.759
Mg++	2.0	0.082	0.165	4.227
Cl-	3.0	0.085	0.085	2.178
SO4--	12.0	0.125	0.25	6.405
HCO3-	85.0	1.393	1.393	35.689

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	17.5	10.614	0.319	0.194
Ca/SO4	2.917	6.99	0.152	0.364
Na/Cl	0.667	1.028	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 4.95	0.0846
Carbonate (CaCo3)	: 66.672	0.6667
Dolomite (CaMg(CO3)2):	15.146	0.082
Anhydrite (CaSO4)	: 17.015	0.125
SiO2 as Quartz	: 6.685	0.111
or Feldspar (NaAlSi3O8):	29.191	0.111

SampleID : 193940002  
 Location : CAMBIL  
 Site : NACIMIENTO ARBUNIEL  
 Sampling Date : 27/04/2006  
 Geology : 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte"  
 Watertype : Ca-Mg-SO4-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 15.8531  
 Sum of Cations (meq/l) : 16.6241  
 Balance: : 2.37%

Calculated TDS(mg/l) : 1111.0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 16.23	81.16	45.45	811.6
Permanent hardness	: 11.89	59.44	33.29	594.4
Temporary hardness	: 4.34	21.72	12.16	217.2
Alkalinity	: 4.34	21.72	12.16	217.2

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	9.0	0.391	0.391	1.204
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	200.0	4.99	9.98	30.729
Mg++	76.0	3.126	6.253	19.253
Cl-	6.0	0.169	0.169	0.52
SO4--	540.0	5.622	11.243	34.618
HCO3-	265.0	4.344	4.344	13.376

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l

Ca/Mg	2.632	1.596	0.319	0.194
Ca/SO4	0.37	0.888	0.152	0.364
Na/Cl	1.5	2.313	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
--	------	--------

Halite (NaCl)	: 9.9	0.1692
Anhydrite (CaSO4)	: 765.678	5.622
SiO2 as Quartz	: 6.915	0.115
or Feldspar (NaAlSi3O8):	30.197	0.115

SampleID : 193940011  
 Location : CAMBIL  
 Site : LAS MIMBRES  
 Sampling Date : 27/04/2006  
 Geology : 05.28 "Montes Orientales.Sector Norte"  
 Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 5.5483  
 Sum of Cations (meq/l) : 5.7764  
 Balance: : 2.01%

Calculated TDS(mg/l) : 431.4

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 5.6	28.01	15.69	280.1
Permanent hardness	: 1.57	7.85	4.40	78.5
Temporary hardness	: 4.03	20.16	11.29	201.6
Alkalinity	: 4.03	20.16	11.29	201.6

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	4.0	0.174	0.174	1.536
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	76.0	1.896	3.792	33.484
Mg++	22.0	0.905	1.81	15.983
Cl-	11.0	0.31	0.31	2.737
SO4--	37.0	0.385	0.77	6.799
HCO3-	246.0	4.032	4.032	35.604

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3.455	2.095	0.319	0.194
Ca/SO4	2.054	4.923	0.152	0.364
Na/Cl	0.364	0.561	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 10.178	0.174
Carbonate (CaCo3)	: 60.664	0.6066
Dolomite (CaMg(CO3)2):	166.606	0.905
Anhydrite (CaSO4)	: 52.463	0.385
SiO2 as Quartz	: 6.454	0.107
or Feldspar (NaAlSi3O8):	28.184	0.108



SampleID : 193940008  
 Location : CAMBIL  
 Site : LOS MIMBRALES  
 Sampling Date : 27/04/2006  
 Geology : 05.28 "Montes Orientales.Sector Norte"  
 Watertype : Ca-Mg-SO4-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 13.8951  
 Sum of Cations (meq/l) : 13.2949  
 Balance: : -2.21%

Calculated TDS(mg/l) : 811.8

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 12.99	64.95	36.37	649.5
Permanent hardness	: 8.7	43.48	24.35	434.8
Temporary hardness	: 4.29	21.47	12.02	214.7
Alkalinity	: 4.29	21.47	12.02	214.7

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	7.0	0.304	0.304	1.118
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	168.0	4.192	8.383	30.831
Mg++	56.0	2.304	4.607	16.944
Cl-	6.0	0.169	0.169	0.622
SO4--	446.0	4.643	9.286	34.152
HCO3-	262.0	4.295	4.295	15.796

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l

Ca/Mg	3.0	1.82	0.319	0.194
Ca/SO4	0.377	0.903	0.152	0.364
Na/Cl	1.167	1.799	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l

Halite (NaCl)	:	9.9	0.1692
Anhydrite (CaSO4)	:	632.394	4.643
SiO2 as Quartz	:	6.685	0.111
or Feldspar (NaAlSi3O8):	:	29.191	0.111

**FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN**

**MAPAS**