

HUELMA

1.-GENERALIDADES

El municipio de Huelma tiene una población residente estable de 6.180 habitantes en enero de 2005 de los que 5.861 corresponden a Huelma, 311 a Solera, 8 a Cabrita y el resto a diseminados. 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 1.360 m³/día. En los meses de verano, julio, agosto y septiembre, sube a una demanda aproximada de 1.459 m³/día. Esto representa una demanda aproximada de 505.000 m³/año. El consumo real está en torno a 626.000 m³/año (IGME, 2000), con un consumo base de 1.685 m³/día y punta de 1.808 m³/día.

El abastecimiento se realiza desde siete sondeos y tres manantiales, localizados dentro del propio término municipal. Los sondeos, denominados Gualijar I (203860016), Gualijar II (203860018), Tosquilla 1 (203850017), Tosquilla 2 y Las Cabritas (203860033) y el manantial de Gualijar (203860002) se localizan en materiales carbonatados de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S.) 05.21 "Sierra Mágina". El sondeo denominado Cortijo de Cújar (203870027) y el manantial de la Fuente de las Negras (203860025) captan el agua de la M.A.S 05.41 "Guadahortuna-Larva". El resto de los puntos de abastecimiento, el sondeo del Chopo (203910009) y el manantial de la Fuente de la Peña (203910011) no tienen M.A.S. definida.

Los sondeos Gualijar I y II se localizan en las proximidades del manantial de Gualijar, junto al cortijo del mismo nombre, al pie de la Loma de Peña Lisa. El nivel dinámico se situaba recientemente en el sondeo Gualijar I a 54,98 m de profundidad (según informador municipal), a cota aproximada de 1.100 m s.n.m.. Suministran un caudal próximo a los 13 l/s.

Los sondeos Tosquilla 1 y 2 están situados en el Barranco de la Tosquilla, en la zona oeste del término municipal. El nivel dinámico, según informador municipal, estaba situado en el sondeo Tosquilla 1 a 142,62 m de profundidad bombeando el sondeo Tosquilla 2, a cota una aproximada de 1.082 m s.n.m.. El sondeo Tosquilla 1 suministra un caudal de 8 l/s, desconociéndose el suministrado por el Tosquilla 2.

El sondeo Las Cabritas, de reciente construcción, está situado junto al Cerro Cuevas del Gato, al pie de la Loma de Peña Lisa. El nivel piezométrico se situaba a 84,66 m de profundidad el día 17 de julio de 2006, a una cota aproximada de 1.115 m s.n.m.. Podrá suministrar un caudal de 16 l/s cuando se ponga en uso.

El manantial de Gualijar se localiza a 5 km en línea recta al noreste de Huelma, junto al cortijo del mismo nombre. Tiene un caudal histórico entre 3 y 8 l/s que eran utilizados para abastecimiento antes de la puesta en servicio de los sondeos Gualijar I y II. Actualmente está seco cuando bombean los sondeos.

El sondeo Cortijo de Cújar está situado en las proximidades de ese cortijo, en la zona este del término municipal. El nivel piezométrico estaba situado en torno a 64 m de profundidad en 1991, a cota una aproximada de 1.100 m s.n.m.. Puede suministrar un caudal de 1 l/s.

El manantial de Fuente de las Negras se localiza a menos de 1 km del núcleo de Solera, al que abastece, en el paraje de Los Migueros. Tiene un caudal próximo a 1,5 l/s.

El sondeo del Chopo se encuentra muy próximo al casco urbano de Huelma, en la Loma de las Viñas. El nivel piezométrico se situaba a 37,92 m de profundidad el día 6 de julio de 1992, a cota aproximada de 1.092 m s.n.m.. Suministra un caudal de aproximadamente 5 l/s.

El manantial de la Fuente de la Peña se localiza a 1,5 km al suroeste de Huelma. Tiene un caudal inferior a 1 l/s y abastece a una fuente pública situada en el casco urbano.

El agua procedente de las captaciones de abastecimiento, a excepción de la de la Fuente de la Peña, se almacena en seis depósitos que proporcionan una capacidad total de regulación de 2.250 m³. La capacidad óptima calculada para situaciones de demanda punta es de 2.188 m³, considerándose suficiente la existente.

La gestión del servicio de abastecimiento es municipal.

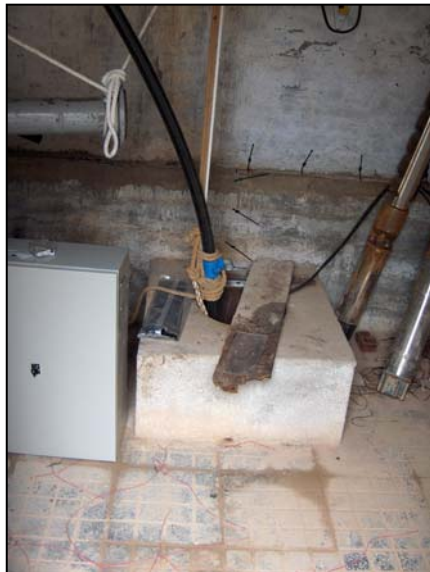
En la fichas resumen adjuntas se presentan los datos anteriormente citados junto con un resumen de las infraestructuras. En los mapas a escala 1:50.000 que también se adjunta se indican las captaciones y los depósitos de abastecimiento, la red de distribución en alta de abastecimiento urbano y los focos potenciales de contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas.

2. – INFRAESTRUCTURA

2.1. – DESCRIPCIÓN

CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO

1. "Sondeos Gualijar I y II" CA23044003 y 4 (203860016 y 18): Captan materiales carbonatados de la M.A.S. 05.21 "Sierra Mágina". Tienen una profundidad de 100 y 87 m respectivamente y un diámetro de perforación de 480 mm el primero y 550 mm el segundo. Se sitúan a una cota aproximada de 1.155 m s.n.m.. Ambos sondeos están entubados con tubería metálica; el sondeo Guajijar I con 400 mm de diámetro interior y el Gualijar II con 350 mm.



Sus caudales de explotación son de aproximadamente 10 y 12-16 l/s (según base de datos AGUAS del IGME) utilizados para el abastecimiento a Huelma. El nivel dinámico se sitúa a 54,98 m de profundidad según informador municipal, a cota aproximada de 646 m s.n.m.. Están instalados con electrobombas sumergibles de potencia desconocida. La tubería de impulsión es metálica.

← Sondeo Gualijar I

Sondeo Gualijar II ↓

Los sondeos no disponen de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico ni de caudalímetro para la medida del caudal bombeado. Tampoco disponen de espita tomamuestras. Debido a la carencia de



los dos primeros elementos no se pudieron llevar a cabo las encuestas de cuantificación.

Los sondeos están en un recinto en el que también se encuentra el depósito de Gualijar. Dentro de la construcción de este está el sondeo Gualijar I. Además, en dicho recinto existe un tercer sondeo actualmente fuera de uso, denominado Gualijar 3 (203860031) con una profundidad real de 121 m.

2. "Sondeos Tosquilla 1 y 2" CA23044006 y 9 (203860017 y 23): Captan materiales carbonatados de la M.A.S. 05.21 "Sierra Mágina". Tienen una profundidad de 280 m cada uno y un diámetro de perforación de 500 mm. Se sitúan a cotas 1.225 y 1.240 m s.n.m.. Ambos sondeos están entubados con tubería metálica de 350 mm de diámetro interior.



Sus caudales de explotación son de aproximadamente 10 l/s para el ←Tosquilla 1 (según base de datos AGUAS del IGME) y de al menos 20 l/s (aunque no se dispone de datos) para el Tosquilla 2. El nivel dinámico se situaba recientemente a 142,62 m de profundidad según informador municipal, a cota aproximada de 646 m

s.n.m., medido en el sondeo Tosquilla 1 mientras se bombeaba en el Tosquilla 2. Están instalados con electrobombas sumergibles de potencia desconocida. La tubería de impulsión es metálica.

Tosquilla 2 ↓

Los sondeos no disponen de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico ni de caudalímetro para la medida del caudal bombeado. Tampoco disponen de espita tomamuestras. Debido a la carencia de los dos primeros no se pudieron llevar a



cabo las encuestas de cuantificación. Se utilizan para el abastecimiento a Huelma

3. "Manantial de Gualijar" CA23044011 (203860002): Situado junto al cortijo del mismo nombre, al pie de la Loma de Peña Lisa, a cota 1.085 m s.n.m. drena los recursos de los materiales carbonatados de la M.A.S. 05.21 "Sierra Mágina".



La captación consiste en una galería que desagua en una pileta de dos cuerpos desde la que se conducía el agua de abastecimiento a Huelma y el sobrante era para riego. Tenía un caudal variable entre 3 y 8 l/s y actualmente está seca debido a la afección de los sondeos Gualijar I y II.

Se localiza a unos 5 km m en línea recta al noreste de Huelma. El acceso se realiza por la carretera comarcal JV-3224 y tomando el camino hacia el oeste que nace de la carretera a aproximadamente 4 km del cruce y que va al Caserío de la Cabrita.



2. "Sondeo del Chopo" CA23044002 (203910009): Capta materiales carbonatados no incluidos en ninguna M.A.S.. Tiene una profundidad de 107 m y un diámetro de perforación de 310-220 mm. Se sitúa a una cota aproximada de 1.130 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 180 mm de diámetro interior.

Su caudal de explotación es de aproximadamente 5 l/s (según base de datos AGUAS del IGME) utilizados para el abastecimiento a Huelma. El nivel estático se situaba a 37,92 m de profundidad a fecha de su construcción en 1992, a cota



aproximada de 1.092 m s.n.m.. Está instalado con una electrobomba sumergible de potencia desconocida. 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. Tampoco dispone de espita tomamuestras. Debido a la carencia de los dos primeros no se pudieron llevar a cabo las encuestas de cuantificación.

2. "Sondeo Cortijo de Cújar" CA23044002 (203910009): Capta materiales carbonatados de la M.A.S. 05.41 "Guadahortuna-Larva". Tiene una profundidad de 136 m y un diámetro de perforación desconocido. Se sitúa a una cota aproximada de 1.130 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 180 mm de diámetro interior.



Su caudal de explotación es de aproximadamente 1 l/s (según base de datos AGUAS del IGME) utilizados para el abastecimiento a Solera. El nivel estático se situaba a 64 m de profundidad a fecha de su construcción en 1991, a cota aproximada de 1.100 m s.n.m.. Está instalado con una electrobomba sumergible de potencia desconocida. 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. Tampoco

dispone de espita tomamuestras. Debido a la carencia de los dos primeros no se pudieron llevar a cabo las encuestas de cuantificación.

3. " Fuente de las Negras" CA23044008 (203860025): Situada en el paraje de Los Miguerones, a cota aproximada 975 m s.n.m. drena los recursos de la M.A.S. 05.41 "Guadahortuna-Larva".



La surgencia está totalmente captada y tenía un caudal de alrededor de 1,5 l/s que se utilizaban para abastecimiento al núcleo de Solera.

Actualmente está prácticamente seca aunque existe todavía la infraestructura para conducir el agua al depósito antiguo de Solera y posteriormente elevarla al nuevo. Se utiliza como complemento al sondeo del Cortijo de Cújar en épocas de estiaje o emergencia.

Se localiza muy próxima al oeste del casco urbano de Solera.

2. "Sondeos Las Cabritas" CA23044010 (203860033): Se trata de un sondeo de reciente construcción que capta materiales carbonatados de la M.A.S. 05.21 "Sierra Mágina".



Tiene una profundidad de 325 m y un diámetro de perforación de 800-700-630-500 mm. Se sitúa a cota aproximada de 1.200 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 350 mm de diámetro interior hasta 300 m de profundidad. Con el resto relleno de grava silíceica calibrada. Su caudal de explotación recomendado es de 16 l/s. El nivel piezométrico se

situaba a 84,66 m de profundidad el día 17 de julio de 2006, a una cota aproximada de 1.115 m s.n.m..

DEPÓSITOS

Existen siete depósitos de regulación en uso:

- **DE23044001:** Denominado del Chopo, se sitúa a 1.105 m s.n.m.. Su base es circular con dos cuerpos y está fabricado de hormigón con 900 m³ de capacidad total. Se abastece desde el Depósito Regulador (sondeos de Tosquilla y Gualijar) y del Sondeo del Chopo y desde él se suministra agua al casco urbano de Huelma.



- **DE23044002:** Denominado Regulador, se sitúa a 1.077 m s.n.m.. Su base es rectangular y está fabricado en hormigón con una capacidad de almacenamiento total es de 1.400 m³. A él llega el agua procedente de Gualijar y La Tosquilla y, después de llevar a cabo la cloración, se conduce al Depósito Principal.



- **DE23044003:** Denominado Gualijar, se sitúa a 1.155 m s.n.m.. Tiene planta rectangular y está fabricado en hormigón. Actualmente no tiene capacidad de almacenamiento ya que tiene pérdidas laterales y en la base según informador municipal. Concentra el agua de los sondeos Gualijar I y II para su conducción al Depósito Regulador.



- **DE23044004:** Denominado de regulación de Solera Nuevo, se sitúa a 1.125 m s.n.m.. Tiene planta rectangular y está fabricado en hormigón. Su capacidad de almacenamiento total es de 150 m³. Se abastece del Depósito de regulación de Solera Antiguo y suministra agua ese núcleo.



- **DE23044005:** Denominado de regulación de Solera Antiguo, se sitúa a 1.125 m s.n.m. junto al anterior y comunicado con este. Tiene planta rectangular y está

fabricado en obra. Su capacidad de almacenamiento total es de 100 m³. Se abastece desde el depósito de bombeo de Solera y suministra agua al depósito de regulación de Solera Nuevo.

- **DE23902006:** Denominado de bombeo de Solera, se sitúa a 960 m s.n.m.. Tiene planta rectangular y está fabricado en hormigón. Su capacidad de almacenamiento total es de 100 m³. Se abastece desde el sondeo del



Cortijo de Cújar y eventualmente de la Fuente de las Negras y suministra agua al depósito de regulación de Solera Antiguo.

CONDUCCIONES

El sistema de conducciones de abastecimiento en alta tiene una longitud total de aproximadamente 14,5 km de tuberías. Sus principales características se incluyen en el cuadro adjunto.

Código	Diámetro (mm)	Tipo	Estado	Longitud (m)	Procedencia	Final
CO23044001	250	Fibrocemento	Se desconoce	3.262	Gualijar	Dep. Regulador
CO23044002	125	PVC	Se desconoce	2.736	Tosquilla	Dep. Regulador
CO23044003	200	Fibrocemento	Se desconoce	2.780	Dep. Regulador	Dep. Chopo
CO23044004	110	PVC	Se desconoce	4.584	Sondeo Cújar	Dep. Bomb. Solera
CO23044005	-	-	Se desconoce	634	Las Negras	Dep. Bomb. Solera
CO23044006	-	-	Se desconoce	417	Dep. Bomb. Solera	Dep. Solera
			Total	14.414		

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. Los sondeos de Gualijar (I y II) suministran un caudal próximo a 24 l/s. No fue posible calcular la potencia activa ni el rendimiento al no disponer de caudalímetro ni tubería piezométrica.
3. Los sondeos de La Tosquilla (1 y 2) suministran un caudal que se estima superior a 20 l/s (posiblemente 30 l/s). No fue posible calcular la potencia activa ni el rendimiento al no disponer de caudalímetro ni tubería piezométrica.
4. El sondeo del Chopo suministra un caudal próximo a 5 l/s (según base de datos AGUAS). No fue posible calcular la potencia activa ni el rendimiento al no disponer de caudalímetro ni tubería piezométrica.
5. El sondeo del Cortijo de Cújar suministra un caudal próximo a 1 l/s (según base de datos AGUAS). No fue posible calcular la potencia activa ni el rendimiento al no disponer de caudalímetro ni tubería piezométrica.
6. El manantial de Gualijar, aunque su captación se encuentra en buen estado, no suministra agua al estar regulado por los sondeos de Gualijar.
7. La captación de la Fuente de las Negras se considera adecuada.
8. El volumen de los depósitos es de 2.250 m³, considerándose suficiente hasta en la época de verano.
9. Las conducciones parecen estar en buen estado y ser adecuadas para sus caudales.

3.- ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO

3.1.- M.A.S. 05.41 “GUADAHORTUNA-LARVA”

3.1.1.- GEOLOGÍA

Las captaciones de Cortijo de Cújar (203870027) y Fuente de las Negras (203860025) utilizadas para el abastecimiento a Solera, perteneciente al municipio de Huelma, se localizan en materiales incluidos en la M.A.S. 05.41 “Guadahortuna-Larva” que se asignan a la Zona Subbética en el dominio Subbético Medio (IGME, 1988b), si bien otros autores atribuyen esta zona a las denominadas “Unidades Intermedias”.

A grandes rasgos, dentro de la M.A.S. se pueden diferenciar tres sectores o franjas de orientación claramente bética (S-SE), ubicadas en el dominio Subbético medio:

- Un sector norte (Cabra de Santo Cristo–Larva), en el que están presentes afloramientos de materiales mesozoicos y neógenos, que conforman una zona de gran complejidad estructural.
- Un sector sur (Torrecardela–Pedro Martínez), en el que aparecen casi exclusivamente sedimentos paleógenos y aquitanienses conformando un extenso sinclinorio.
- Un sector central (Guadahortuna), situado entre los dos anteriores, que se encuentra ocupado por materiales recientes (Mioceno superior–Cuaternario) que ocultan la historia previa de esta zona.

Estratigráficamente se diferencian dentro de esta M.A.S. diversos materiales que se pueden esquematizar del siguiente modo:

- Triásico: Pertenecen a él los materiales más antiguos, aflorando de forma amplia y discontinua en la mitad septentrional de la misma, alcanzando potencias superiores a los 700 metros. Están representados por una alternancia de limolitas, arcillas versicolores y areniscas rojas y verdosas con esporádicos niveles yesíferos y/o dolomíticos y de forma más dispersa rocas volcánicas (ofitas).

- Jurásico: Está representado por una serie carbonatada que enlaza con los materiales anteriores a través de unos niveles de dolomías carniolares de edad finitriásica. Sobre estos materiales, se desarrolla una potente serie dolomítica de aspecto brechoide que hacia techo cambia paulatinamente a un carácter más calizo, lo que trae consigo un mayor desarrollo de la estratificación (calizas tableadas y calizas con silex). Su potencia total alcanza en algunos puntos los 300 metros y su techo puede datarse como Lías inferior – medio (Pliensbachiense). Como continuación de la serie jurásica y hacia techo, aparece una serie comprimida que comprende calizas nodulosas, calizas oolíticas, calizas con silex, margas, margocalizas y calizas margosas pertenecientes al Lías medio–superior–Dogger y Malm, con más de 200 metros de potencia. Son frecuentes las intercalaciones de rocas volcánicas en esta serie jurásica (ofitas).
- Cretácico: Se distinguen dos tramos, ambos de carácter margoso. El tramo inferior, está formado por una alternancia de margas, margocalizas y localmente areniscas con una potencia regional superior a los 500 metros, si bien en la M.A.S., tan solo aparecen retazos de escasas decenas de metros de espesor. El tramo superior está representado por una sucesión de margocalizas de tonos rosados y blancos cuya potencia no supera la docena de metros.
- Terciario: Junto con los materiales triásicos, son los que mayor extensión ocupan en la M.A.S.. Se pueden diferenciar una serie de facies distintas que aparecen de forma discontinua y de difícil diferenciación, ya que con gran frecuencia presentan formas resedimentadas, generalmente mesozoicas y eocenas. En concordancia y sin solución de continuidad sobre el Cretácico superior, sigue desarrollándose la misma sucesión de margas blanquecinas con teñidos rojizos que hacia el techo intercalan niveles de calcarenitas que llegan hasta el Oligoceno. Aparecen al norte, oeste y sur de la Sierra de Santerga, en contacto mecánico con el Trías y las rocas carbonatadas del Lías y recubiertas a su vez por materiales postorogénicos. Al sur de la M.A.S. aflora ampliamente en las inmediaciones de Torrecardela, constituyendo una potente serie turbidítica “Formación Cañada”. En los alrededores de Cabra de Santo Cristo y sur de Larva y Solera, las calcarenitas se sitúan concordantemente sobre las margas blanquecinas o sobre materiales más inferiores por medio de una discordancia angular erosiva. Petrográficamente están constituidas por calcarenitas, calizas bioclásticas y episodios de margas, arenas y

conglomerados, con frecuentes cambios de facies tanto lateral como verticalmente. Su potencia puede superar los 100 metros y su edad abarca desde el Oligoceno superior al Burdigaliense inferior.

- Neógeno: Está representado por series miocenas y pliocenas esencialmente detríticas.
 - El Mioceno está constituido por margas más o menos arenosas que incluyen niveles de areniscas y conglomerados, esta serie puede alcanzar potencias próximas a los 400 metros.
 - El Plioceno se encuentra bien representado en el sector central de la M.A.S., en la zona topográficamente deprimida por cuyo eje discurre el Río Guadahortuna. Esta formado por un nivel de colmatación que recubre el relieve previo muy accidentado constituido por conglomerados de tonos rojizos o pardos de cementación irregular, asimilables a los que constituyen la Formación Guadix.
- Cuaternario reciente: Está constituido por toda una gama de sedimentos continentales que comprende desde brechas cementadas de ladera, hasta pequeños conos de deyección y materiales de fondo de valle. La naturaleza de todos ellos es conglomerática con diferente grado de cementación.

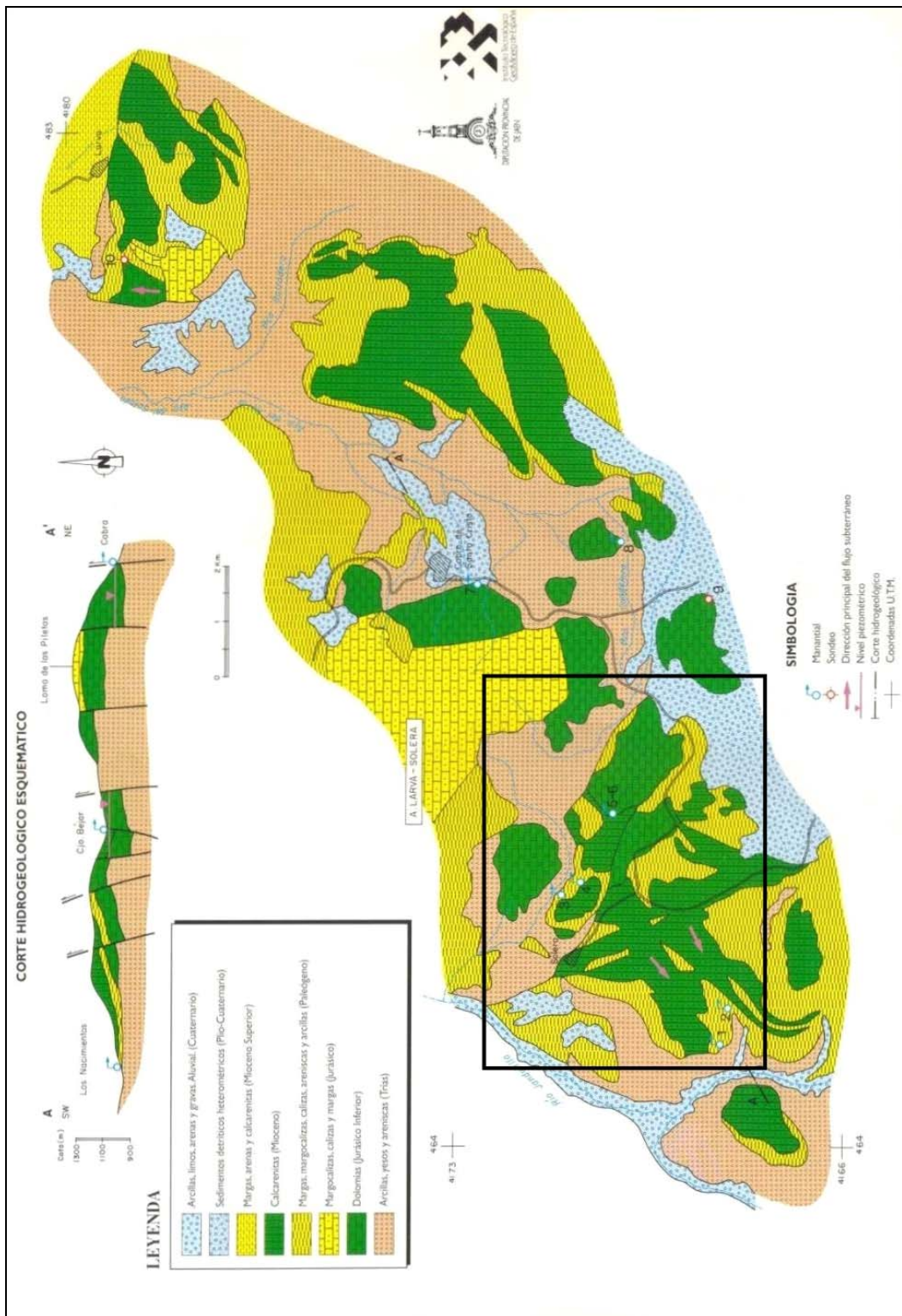


Figura 1: Hidrogeología del área donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Solera (Huelma).

3.1.2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO

La complejidad estructural de los materiales que conforman la M.A.S., unido a la variabilidad de los materiales acuíferos presentes en la misma, individualiza una serie afloramientos acuíferos con un funcionamiento hidrogeológico independiente de los demás. Con estas premisas, los acuíferos presentes en la M.A.S. se pueden agrupar de acuerdo a su composición litológica en:

- **Acuíferos carbonatados jurásicos:**

- Subunidad de Larva – Solera (DIPUTACIÓN DE JAÉN – ITGE, 1997): Se localiza en la transversal definida por los núcleos de población de Larva y Solera. Está constituida por materiales carbonatados jurásicos y calcareníticos miocenos que afloran en las sierras del Buitre, Larva, Cújar, Solera, Sazadilla, Los Chotos y Morrón, constituyendo el acuífero de Larva – Solera de 35 km² de extensión aproximada. En esta subunidad se pueden diferenciar tres acuíferos con un funcionamiento independiente:
 - Acuífero de Cabra de Santo Cristo (ITGE, 1990a): Esta constituido por dolomías de edad Triásico – Lías inferior y medio que afloran en las sierras del Buitre y de los Cangilones, muy próximas a la localidad de Cabra de Santo Cristo. El conjunto se encuentra colgado sobre materiales impermeables de edad triásica, si bien algunos sectores de su borde oriental y septentrional se encuentran fracturados, lo que puede facilitar un cierto grado de enraizamiento. Al norte del Cortijo de los Barrancos, la base impermeable describe una especie de collado, a una cota superior a los 1.200 metros, y desciende tanto al este como al oeste, constituyendo una divisoria hidrogeológica dividiendo los materiales permeables en dos sectores independientes, uno oriental, denominado Cerro de los Buitres y otro occidental denominado La Silleta, con una superficie de 7,3 y 4,1 km² respectivamente.
 - Acuífero de Chotos–Sazadilla–Los Nacimientos (DIPUTACIÓN DE JAÉN–ITGE, 1997): Comprende los relieves carbonatados y depósitos calcareníticos que

afloran en la transversal entre Solera y la Estación de Cabra de Santo Cristo. La extensión de estos afloramientos es de unos 9 km² para los materiales dolomíticos y de unos 20 km² para las calcarenitas. En general, los materiales acuíferos no presentan una continuidad cartográfica y aparecen individualizados en distintos afloramientos. El macizo dolomítico que aflora al norte de Solera se encuentra completamente rodeado de materiales arcillosos triásicos, por lo que se supone como acuífero aislado. Los afloramientos carbonatados del Cerro de Los Chotos y del Cortijo Hidalgo están separados por materiales pliocuaternarios que sellan la continuidad geológica entre ambos sectores, posiblemente estos mismos materiales también encubran la posible conexión entre los afloramientos del Cortijo Hidalgo y los del Cortijo de Metelo. El sector suroccidental denominado de los Nacimientos, litológicamente está formado por calcarenitas, calizas lacustres y niveles conglomeráticos, en cuya base se sitúan las margas que actúan de impermeabilizante de los niveles carbonatados superiores, produciéndose los drenajes a favor de este contacto. La intensa fracturación de estos materiales origina descargas de pequeños caudales en los contactos permeable – impermeable. El sector nordeste del acuífero (denominado Sazadilla), está constituido por dolomías y carniolas del Trías superior- Lías inferior, a las que se le superponen las calizas oolíticas con sílex del resto del Jurásico. Se distinguen dos sectores, uno al norte limitado por el Arroyo de Cabrera, de unos 2 km² de extensión, que actúa como un acuífero colgado cuya base impermeable está constituida por arcillas versicolores del Trías. El resto de acuífero, localizado al sur del anterior, presenta una extensión de unos 4 km², aunque cabe suponer que exista continuidad tanto hacia el sureste como al suroeste bajo los materiales terciarios y cuaternarios.

- Acuífero de Larva (DIPUTACIÓN DE JAÉN–ITGE, 1997): Se sitúa en el sector nororiental de la M.A.S. y se encuentra completamente desconectado de los acuíferos anteriormente descritos. Está constituido por materiales dolomíticos jurásicos y calcareníticos oligocenos que afloran en la Sierra de Larva. Los materiales dolomíticos presentan potencias del orden de 300 m y ocupan una extensión aproximada de 0,5 km², mientras que las areniscas bioclásticas, afloran en la zona de los Picones y en la ladera oriental del la Sierra de Larva,

con espesores entre 100 y 120 metros, ocupando entre ambos afloramientos una extensión de unos 3,5 km². Este acuífero se encuentra muy compartimentado y en él se pueden diferenciar al menos tres sectores con funcionamiento hidráulico independiente (ITGE, 1996): El Sector Oriental, corresponde a los afloramientos calcareníticos miocenos localizados en la zona oriental de la Sierra de Larva, los cuales ocupan una extensión aproximada de 204 km². El Sector Central, está constituido por conglomerados, areniscas y margas del Mioceno, que afloran en la Sierra de Larva, ocupando una superficie de 88 km². El Sector Occidental, que ocupa la mitad occidental de la Sierra de Larva, está constituido por materiales calizo-dolomíticos jurásicos que ocupan su zona occidental, y por materiales calcareníticos miocenos que ocupan su zona oriental, separadas ambas por una falla de dirección NO-SE.

- Subunidad de Gante–Santerga (IGME, 1983): Al sur de la subunidad anteriormente descrita, cerca del núcleo urbano de Guadahortuna se localiza la subunidad de Gante – Santerga. El acuífero está constituido por afloramientos de calizas y dolomías jurásicas que configuran una estructura anticlinal de dirección este – oeste, extendiéndose desde la Sierra de Santerga al oeste hasta el Cortijo de Gante al este. La potencia media del conjunto carbonatado es de 300 metros, con una superficie de afloramientos permeables de unos 9 km², distribuidos 4,9 km² en la Sierra de Santerga y el resto en los relieves que se extienden hacia el este. El sustrato impermeable de la subunidad los constituyen las margas y arcillas del Triás. El borde sur y este de la subunidad está representado por el contacto con los materiales detríticos pliocuaternarios de relleno de la depresión de Guadahortuna. Los bordes norte y oeste están constituidos por margocalizas y arcillas cretácicas, así como por materiales arcillosos triásicos cabalgantes al norte y extruídos a favor de una estructura normal al sur. En la subunidad, existen barreras impermeables debido a la fracturación y a presencia de tramos margosos cretácicos que individualizan diferentes acuíferos definidos por las estructuras anticlinales de Los Gallardos, Santerga, La Serreta – Gante - Cabeza Montosa:

- Acuífero de los Gallardos: Está constituido por un pequeño afloramiento de calizas beiges del Lías medio – superior en el borde occidental de la subunidad. Éstas, presentan unos 100 metros de potencia y una extensión inferior a 1 km².
- Acuífero de Santerga: está constituido por dolomías y calizas del Lías inferior – medio, muy fracturas y bastante karstificadas, que constituyen parte del núcleo de una estructura anticlinal. Afloran en una extensión aproximada de unos 5 km², aunque la potencia del acuífero es muy escasa.
- Acuífero de La Serreta–Gante–Cabeza Montosa: Está constituido por calizas oolíticas del Dogger–Malm, con alto grado de karstificación en superficie. El área de afloramiento de estos materiales es de aproximadamente 4 km², para el primer sector y de unos 2 km² para el segundo. La potencia de los materiales acuíferos es normalmente superior a los 200 metros.

• **Acuíferos calcareníticos oligocenos:**

- Subunidad calcarenítica de los Altos de Torrecardela (DIPUTACIÓN DE GRANADA, 1995): Este acuífero está constituido por calcarenitas, areniscas bioclásticas y margas de edad Eoceno medio–Aquitaniense, que afloran en una extensión de unos 60 km². Presenta frecuentes cambios de facies tanto lateral como verticalmente, con potencias que pueden superar los 100 metros. Estos materiales se sitúan concordantemente sobre margas blanquecinas con niveles de areniscas hacia techo, o bien sobre materiales más inferiores (capas rojas), igualmente margosos, por medio de una discordancia angular. En cualquier caso, ambos constituyen la base impermeable de este acuífero. En conjunto constituyen una serie de relieves alomados entre las depresiones de Guadahortuna y Moreda – Huélago. Las calcarenitas suelen presentar un aspecto masivo, constituyendo verdaderos promontorios en el relieve, como es el caso del Cerro Mochila, el Alto de Doña Marina, el pico Torrecilla o el Alto de los Navazuelos entre otros. Cuando presenta intercalaciones margosas da lugar a relieves más suaves. Los afloramientos permeables de esta formación, unos 47 km², constituyen un acuífero de moderada potencialidad, limitado por la presencia de numerosas intercalaciones

margosas y por el juego de fracturación que induce a pensar en una fuerte compartimentación del mismo. En esta se pueden diferenciar dos sectores, uno al norte de Torrecardela, en el que las calcarenitas constituyen una capa superficial poco enraizada que se denomina afloramiento de Mochila y otro al sur de Torrecardela, que constituye un sinforme tumbado, vergente al norte, cuyo flanco inverso, muy verticalizado, aflora bajo el casco urbano de Torrecardela. La divisoria hidrogeológica entre ambos sectores, parece localizarse en el núcleo de esta sinforma, a favor de una fractura de dirección NE-SO.

- **Acuíferos detríticos:**

- Subunidad plio-cuaternaria de la Depresión de Guadahortuna (IGME, 1982): El acuífero está conformado por conglomerados más o menos cementados y lentejones de arenas que constituyen el tramo superior del Plioceno – Cuaternario. Presenta una gran heterogeneidad en su permeabilidad y en conjunto es de baja a media. Se disponen subhorizontalmente sobre un tramo basal, esencialmente limo – arcilloso, que constituye el impermeable de base. La superficie de afloramientos permeables de esta subunidad es de 161 km². Este tramo superior permeable ha sido erosionado en los cauces de ríos y arroyos, dando lugar a una alta compartimentación del acuífero en sectores de escasa entidad, cada uno de los cuales se encuentra drenado por pequeños manantiales. La disposición subhorizontal de los materiales permeables, impide la acumulación de reservas de interés. La potencia media del horizonte acuífero no supera los 6 a 7 metros de espesor, de los cuales los 2 ó 3 metros inferiores suelen estar saturados.
- Subunidad del aluvial del Río Guadahortuna (IGME, 1982): Está constituido por niveles de gravas finas y arenas en una matriz limosa, con una permeabilidad media – baja en su conjunto, debida a porosidad intergranular. Estos materiales permeables reposan sobre los limos de la base Plioceno – Cuaternario, los cuales actúan como impermeables de base. El aluvial del Río Guadahortuna ocupa una superficie de 14 km², con una cuenca de recepción de unos 225 km². La potencia del aluvial varía entre los 15 y 7 metros, aumentando hacia aguas abajo.

3.1.3.- HIDROQUÍMICA DEL SECTOR

Las aguas de la M.A.S. presentan una gran variabilidad en cuanto a su calidad química en función del acuífero del que procedan.

- El acuífero de Larva (ITGE, 1996), presenta una gran variabilidad en la conductividad de sus aguas, con valores comprendidos entre 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (213810005) y 5790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (203840027), lo que parece indicar la existencia de diferentes de sectores acuíferos claramente diferenciados. En el Sector Oriental las aguas presentan una mineralización media baja, con una conductividad de 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el Sector Central, la elevada salinidad de los dos únicos sondeos que captan el sector (conductividades de 5.790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el sondeo 203840027 y 4.920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el sondeo 203840001), hace pensar en la existencia de una elevada influencia de materiales salinos del Trías. Y en el Sector Occidental presenta mineralizaciones intermedias.
- En el acuífero de Chotos –Cortijo Hidalgo, sus aguas son de facies bicarbonatada cálcica y de bajos contenidos en sales, presentando una calidad aceptable para consumo humano, con excepción de los nitratos que superan al máximo admisible exigido en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento y control de las aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre) (IGME, 1981).
- De las aguas del acuífero Gante – Santerga, solo se dispone de un análisis realizado en el manantial de Gante (203930021), se obtiene en él una facies sulfatada – bicarbonatada cálcico – magnésica, con un residuo seco de 660 mg/l. Los contenidos en sulfatos y magnesio pueden ser debidos a contaminación en profundidad por materiales triásicos. Con relación a la calidad para consumo humano, son de calidad tolerable, solo el contenido en magnesio está próximo al límite no tolerable. Las aguas analizadas pertenecen al grupo C₃-S₁, por lo que su utilización en regadíos estaría limitada a suelos con buen drenaje (IGME, 1983).

- Las aguas procedentes del acuífero calcarenítico de los Altos de Torrecardela presentan unas concentraciones en nitratos superiores al máximo admisible exigido en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento y control de las aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre) (IGME, 2000 a y b). Se dispone de tres analíticas procedentes de los manantiales utilizados para abastecimiento a Torrecardela y El Gobernador (203960014, 204030015 y 204030055), estas aguas presentan facies bicarbonatada cálcica, con conductividades próximas a 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o superiores, y una concentración en nitratos superior a 50 mg/l. Además, presentan contenidos ligeramente elevados en cloruros, sulfatos y calcio.
- Las aguas del aluvial del Río Guadahortuna, son de facies bicarbonatada cálcica con salinidad total comprendida entre 50 y 1.000mg/l (IGME, 1982). Desde el punto de vista de su uso para consumo humano son de buena calidad químicamente, si bien en la analítica no se determinó su contenido en nitratos.

Dentro de este estudio se han realizado análisis fisicoquímicos de las aguas procedentes del sondeo del Cortijo de Cújar. La muestra presenta una facies bicarbonatada calcica con conductividad a 20°C de 384 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

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

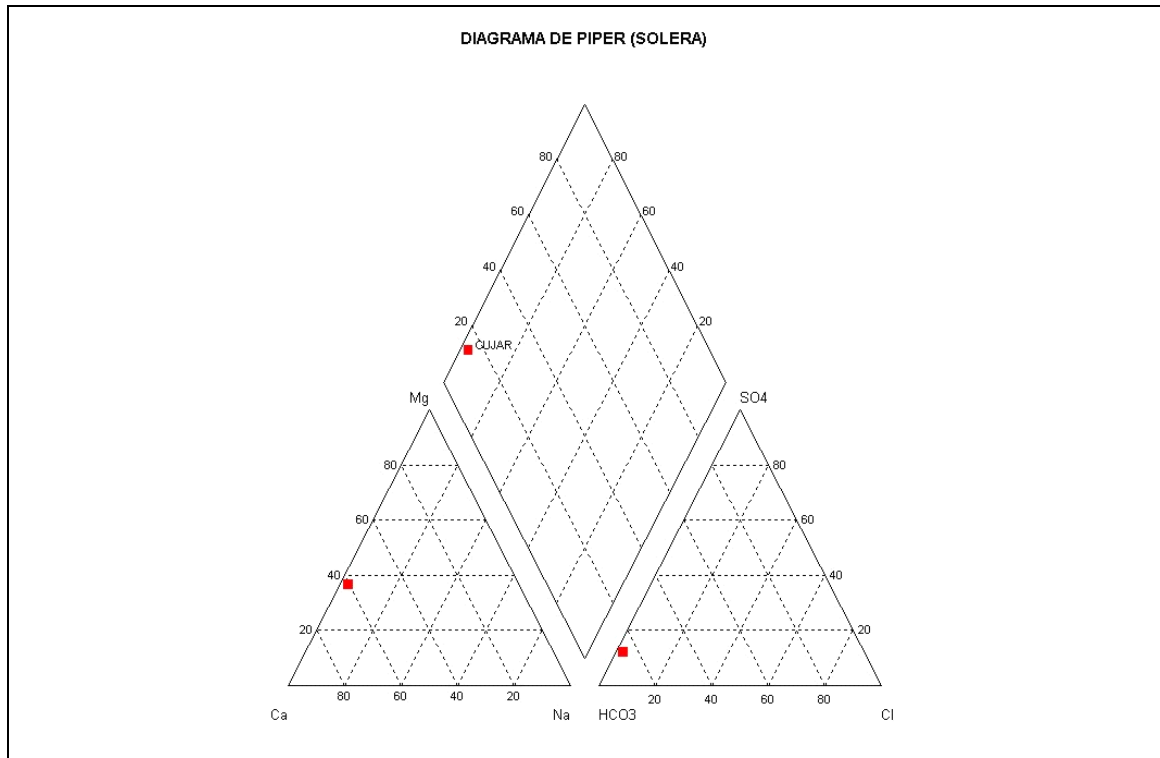


Figura nº 2: Diagrama de Piper del principal punto de abastecimiento a Solera (Huelma).

3.1.4.- LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

Los principales acuíferos están constituidos por los niveles carbonatados jurásicos principalmente, y menor importancia tienen los tramos calcareníticos paleógenos y Tortonense, así como los niveles detrítico pliocuaternarios y cuaternarios recientes.

Entre los niveles carbonatados jurásicos destacan las dolomías y calizas del Lías inferior que aparecen como acuíferos colgados, libres o confinados según el sector de que se trate. Deben su elevada permeabilidad a procesos de fracturación y/o karstificación. Las calizas del Dogger y Malm, tienen igualmente un comportamiento acuífero, pero debido a la presencia de niveles margosos, la permeabilidad del conjunto es inferior al tramo inferior liásico.

Los límites impermeables de estos acuíferos los constituyen las margas del Mioceno superior y las arcillas triásicas que a su vez representan el sustrato impermeable regional.

3.1.5.- PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA

Son muy escasos los datos referentes a parámetros hidráulicos de que se disponen. Las transmisividades más bajas se obtienen, como es de esperar, en el acuífero calcarenítico de los Altos de Torrecardela, con valores que oscilan entre $2,3 \times 10^{-4}$ a $4,6 \times 10^{-4}$ m²/s (ITGE, 1992b).

En IGME (2000 a y b) se indican los siguientes parámetros para este acuífero:

- Transmisividad : 6×10^{-4} m²/s
- Coeficiente de almacenamiento: 0,001
- Porosidad eficaz: 0,001
- Gradiente hidráulico: 0,5%

Un ensayo de bombeo realizado en el sondeo de abastecimiento a Alamedilla (203930028), ubicado en el acuífero Serreta–Gante, arroja unos valores de transmisividad del orden a 0,042 m²/s.

Los valores de transmisividad para el acuífero carbonatado de Chotos–Cortijo Hidalgo, calculados en el sondeo Cerro de los Peones (ITGE, 1991), son del orden de 0,1 a 0,14 m²/s. En el bombeo de ensayo realizado sobre el sondeo 203930023, se calculan valores de transmisividad del orden de 0,115 m²/s y un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} (ITGE, 1995).

La evolución piezométrica de la M.A.S. sólo es conocida en algunos de sus sectores:

- Acuífero de Larva:

- Sector oriental: El nivel piezométrico en este sector se sitúa a una cota de 751 m correspondiente al único punto acuífero existente (sondeo 213810005).
 - Sector central: El nivel piezométrico se encuentra a una cota del orden de 650 m (646 m en el sondeo 203840027 y 654 m en el sondeo 203840001).
 - Sector occidental: Atendiendo a los niveles piezométricos existentes se podrían considerar a su vez dos subsectores separados por una falla de dirección NO-SE, uno occidental jurásico, correspondiente a los materiales jurásicos y paleógenos asociados, con el nivel situado a una cota entre 720 y 725 m y otro oriental calcarenítico, con el nivel situado a una cota de 710 m.
-
- Subunidad aluvial del río Guadahortuna: En la gráfica se muestra la evolución piezométrica en el periodo de 1998 a junio de 2002, de tres puntos de esta subunidad. La evolución muestra una tendencia al descenso de los niveles entre 1,25 y 2,65 metros, siendo más evidente este descenso hacia la zona de cabecera del río.

3.1.6.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO

El funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico para los acuíferos relacionados con las captaciones de abastecimiento a Cabra del Santo Cristo es el siguiente:

- Subunidad de Larva–Solera:

- Acuífero de Cabra de Santo Cristo (ITGE, 1990a): el acuífero se encuentra dividido en dos sectores. La alimentación de la formación permeable se realiza exclusivamente a partir de la infiltración directa de las precipitaciones, y sus salidas se realizan por manantiales.

Las precipitaciones medias en la zona son del orden a 550 mm/año, lo que supone unos aportes de 4 hm³/año en el sector del Cerro del Buitre y de 2,2 hm³/año en el de La Silleta. Aplicando un coeficiente de infiltración del 35%, las entradas de agua en ambos sectores serían de 1,4 y 0,8 hm³/año respectivamente.

En el sector del cerro del Buitre, las salidas tienen lugar fundamentalmente a través del Manantial del Nacimiento (203870002), que drena un caudal medio de 20 l/s, a una cota de 960 metros, que se considera el nivel regional.

En el sector de La Silleta no se conocen descargas puntuales de entidad, lo que puede indicar una descarga muy rápida hacia los arroyos que tienen su cabecera en estos carbonatos.

- Acuífero de Chotos–Sazadilla–Los Nacimientos (ITGE, 1990b): La alimentación procede en su totalidad de la infiltración directa de la lluvia, y se calcula que tiene unos recursos renovables de 2,4 hm³/año, sí bien, las surgencias visibles representan unos caudales anuales algo inferiores, lo que hace suponer que parte de estos recursos son transferidos de forma oculta hacia los depósitos pliocuaternarios de borde.

El drenaje principal de este acuífero tiene lugar en dos sentidos de flujo principales, hacia el este y hacia el suroeste. En el borde oriental (sector de

Chotos – Cortijo Hidalgo), se encuentra el manantial del Molino del Barranco (2038/7/9), que drena un caudal de 11 l/s, a una cota de 940 metros.

En el límite suroccidental, en la zona conocida como Los Nacimientos, se localizan dos manantiales (203920017 y 203920018), que drenan un caudal conjunto de unos 15 l/s, a cotas de 990 y 960 metros respectivamente. La intensa compartimentación estructural de este sector da lugar a pequeñas surgencias en el contacto permeable–impermeable a cotas más elevadas.

En el sector noreste de este acuífero, conocido como La Sazadilla, se distinguen dos subsectores. El primero se localiza al norte, constituyendo un acuífero colgado, cuya alimentación se realiza de manera directa por las precipitaciones, mientras que la descarga debe realizarse de manera difusa a través del contacto subhorizontal permeable–impermeable. En el subsector sur, la alimentación se produce por infiltración directa del agua de lluvia, mientras que el drenaje visible se realiza a través del manantial del Cortijo de Bejar (203870023 a una cota de 1.060 metros) y el manantial de la Sazadilla (203870005, a una cota de 1.120 metros) entre otros.

El resto de las surgencias aparecen ligadas a depósitos recientes cuaternarios. Se trata de surgencias de escasa entidad, entre las que destaca el manantial de Fuente Rica (203860006, a 850 m).

El balance global aproximado para la subunidad Larva-Solera en su conjunto (acuíferos de Cabra de Santo Cristo, Chotos–Sazadilla–Los Nacimientos y Larva) es el que a continuación se presenta:

Entradas:

Infiltración del agua de lluvia	3,00 hm ³ /año
<u>TOTAL</u>	<u>3,00 hm³/año</u>

Salidas:

Bombeos	0,40 hm ³ /año
Descargas naturales.....	1,90 hm ³ /año
Flujo subterráneo a otras formaciones permeables ..	0,70 hm ³ /año
<u>TOTAL</u>	<u>3,00 hm³/año</u>

3.2.- M.A.S. 05.21 “SIERRA MÁGINA”

3.2.1.- GEOLOGÍA

La M.A.S. está constituida por dos potentes series carbonatadas del Jurásico pertenecientes a dos dominios litoestratigráficos diferentes (Subbético Externo de Sierra Mágina y Unidades Intermedias) superpuestos tectónicamente (ITGE, 1996).

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes (ITGE, 1996):

- Triásico inferior y medio: son los materiales más antiguos, con fácies Keuper, y consisten en arcillas, limolitas y yesos (ITGE, 1993).
- Subbético Externo de Sierra Mágina (ITGE, 1996):
 - Triásico superior, Lías inferior y medio: formado por dolomías, calizas brechificadas y brechas tectónicas. Pueden alcanzar una potencia de 500-800 m.
 - Jurásico medio y superior: lo forman calizas nodulosas oolíticas y con sílex, con intercalaciones margosas. Llegan a presentar espesores de hasta 200 m.
- Unidades Intermedias (ITGE, 1996):
 - Triásico superior, Lías y Dogger: dolomías, dolomías brechoides, calizas tableadas y calizas bioclásticas y oolíticas. Tiene una potencia de 600-1000 m.
 - Oxfordiense: margas y arcillas radiolaríticas con intercalaciones de calizas nodulosas. Es una delgada serie de 15 a 40 m de espesor.
 - Malm (Kimmeridgiense y Portlandiense): calizas tableadas negras con juntas e intercalaciones margosas. Tiene una potencia de 200-300 m.
- Cretácico y Oligoceno: margas grises y arcillas rojas con yesos. También se detecta la presencia de olistolitos y brechas calcáreas (ITGE, 1996).
- Mioceno inferior: está formado por paquetes de calcarenitas. No presentan una gran potencia en el seno de la M.A.S., pero hay datos (DGOH, 1999) que revelan una potencia de 300 m en las cercanías de los municipios de Carchel y Carchelejo, al sur de la M.A.S., y fuera de la poligonal.

- Cuaternario: principalmente gravas, cantos y bloques calcáreos con matriz limo-arcillosa, en general de aspecto caótico y que a veces presentan un intenso encostramiento y cementación carbonatada. Se trata de sedimentos postectónicos de tipo coluvial, y, aluviales ligados esencialmente al río Jandulilla (ITGE, 1996).

3.2.2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO

En la descripción hidrogeológica de la M.A.S. se distinguen fundamentalmente dos subunidades:

- Subunidad Mágina: Su superficie de afloramientos permeables es de 60 km² y su espesor medio del orden de 700 m aunque presenta variaciones significativas de unos sectores a otros, desde 500-800 m en la zona de Sierra Mágina-la Serrezuela- Peñalisa, a unos de 600-1000 m en la Sierra de la Cruz. Los límites hidráulicos del acuífero se consideran cerrados en la mayor parte del mismo, y vienen impuestos por el cabalgamiento del Subbético Externo de Mágina y/o por contactos mecánicos con materiales triásicos, cretácicos o terciarios impermeables. Tan sólo en la mitad oriental del límite septentrional se considera la existencia de un flujo hacia la subunidad Cárcelos-Carluco (ITGE, 1996).
- Subunidad Cárcelos-Carluco: Su superficie de afloramientos es de 37 km² y su espesor medio de 500-1000 m. El límite septentrional es impermeable, constituido por una serie de margas, calizas y areniscas del Cretácico inferior. Los límites este y oeste vienen marcados por estos mismos materiales. El basamento impermeable no llega a aflorar en ningún punto, pero cabe suponer que está formado por materiales arcillosos, margo-arcillosos y yesíferos del Triásico aunque, dado el carácter alóctono de las Unidades Intermedias podrían, incluso, estar apoyadas sobre formaciones del Cretácico o del Terciario (CHG, 1995).

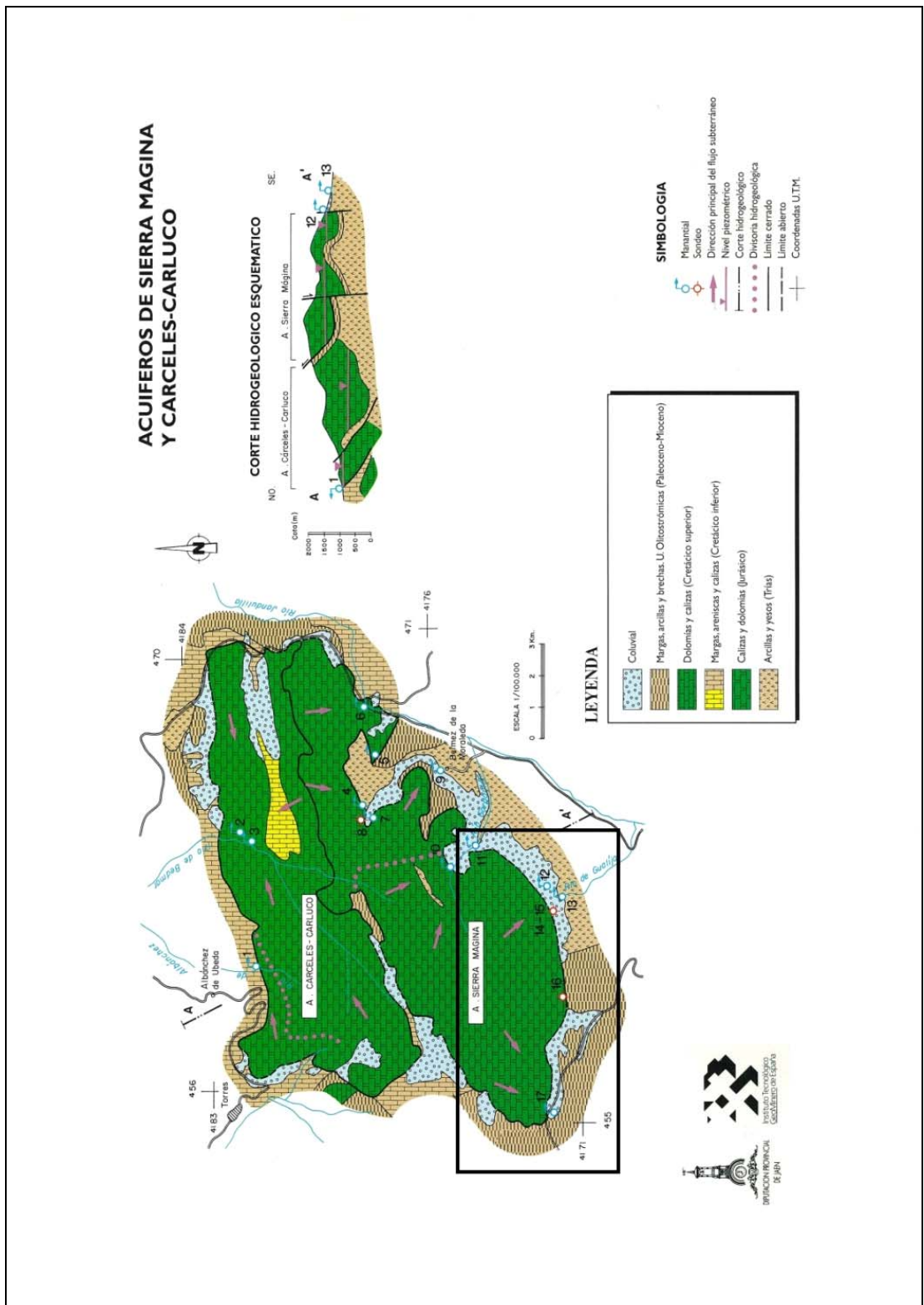


Figura 3: Hidrogeología del área donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Huelma.

3.2.3.- HIDROQUÍMICA DEL SECTOR

En la subunidad de Cárceles-Carluco, las aguas son de facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico magnésicas, a excepción de los puntos de agua situados en el borde suroeste, donde el contacto con materiales triásicos, de matriz yesífera, hace que las facies sean sulfatada cálcicas (ITGE, 1993).

La subunidad de Sierra Mágina presenta una facies fuertemente bicarbonatada, generalmente cálcica. La proporción de magnesio aumenta hacia el este (ITGE, 1996).

La conductividad presenta valores generalmente entre 200-300 $\mu\text{mhos/cm}$ en la Subunidad de Sierra Mágina. Sin embargo, los máximos se dan en la subunidad Cárceles-Carluco, llegando a valores medios de 400-500 $\mu\text{mhos/cm}$.

Utilizando la clasificación de la calidad del agua para usos agrícolas, las muestras mayoritariamente pertenecen a la clase C_2-S_1 , por lo que son aguas de salinidad media, aptas para la mayoría de cultivos. En la Subunidad Cárceles-Carluco las aguas se incrementan en sales, sobre todo en épocas de sequía, llegando a la clase C_3-S_1 (aguas moderadamente salinas, pudiendo no ser apropiadas para riego).

Para abastecimiento las aguas presentan, en general, buena calidad química para el consumo humano.

Dentro de este estudio se ha realizado un análisis fisicoquímico del agua procedente de los sondeos de Gualijar II y Tosquilla 2. El primero presenta una facies bicarbonatada calcica con conductividad a 20°C de 332 $\mu\text{S/cm}$ y el segundo, bicarbonatada cálcico-magnésica con conductividad a 20°C de 499 $\mu\text{S/cm}$.

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.

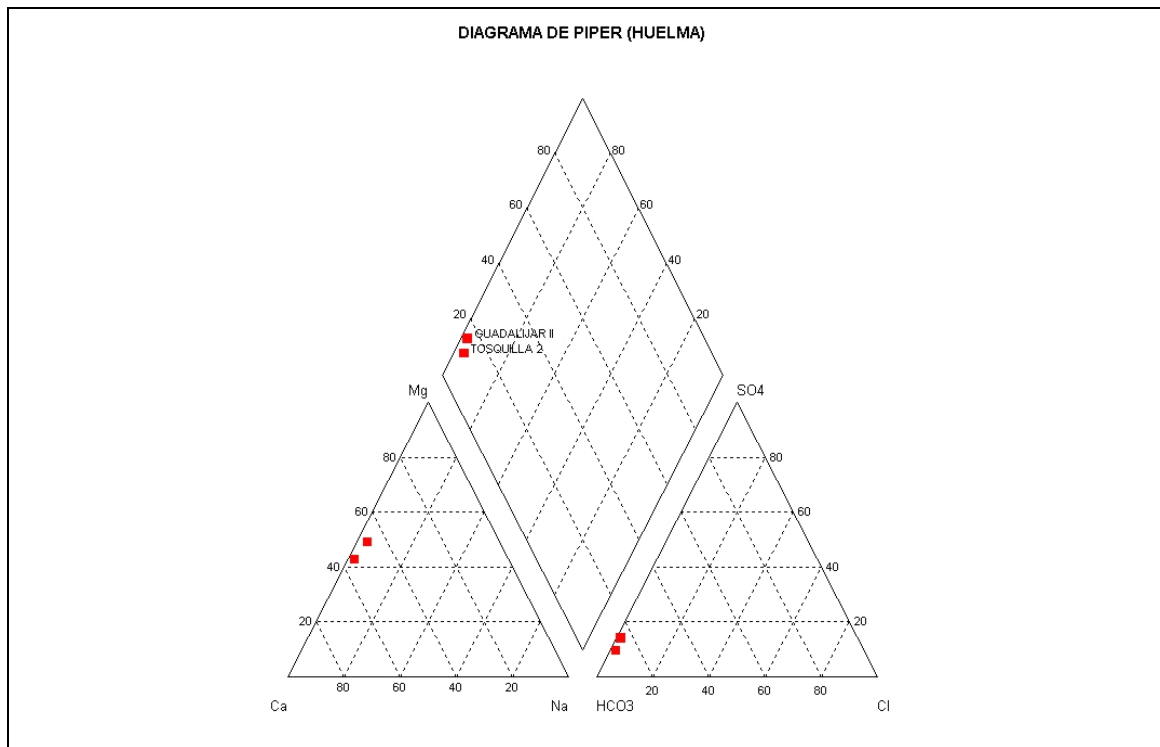


Figura nº 4: Diagrama de Piper del agua de las captaciones de abastecimiento a Huelma.

3.2.4.- LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

Los límites hidráulicos de la subunidad Mágina se consideran cerrados en la mayor parte del mismo, y vienen impuestos por el cabalgamiento del Subbético Externo de Mágina y/o por contactos mecánicos con materiales triásicos, cretácicos o terciarios impermeables. Tan sólo en la mitad oriental del límite septentrional se considera la existencia de un flujo hacia la Subunidad Cárceles-Carluco.

En el caso de la subunidad Almacén-Carluco el límite septentrional es impermeable y está constituido por una serie de margas, calizas y areniscas del Cretácico inferior. Los límites este y oeste vienen marcados por estos mismos materiales. El basamento impermeable no llega a aflorar en ningún punto, pero cabe suponer que está formado por materiales arcillosos, margo-arcillosos y yesíferos del Triásico aunque, dado el carácter alóctono de las Unidades Intermedias podrían, incluso, estar apoyadas sobre formaciones del Cretácico o del Terciario.

3.2.5.- PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA

Para el sector de Sierra Mágina se dispone de siete ensayos de bombeo repartidos entre tres sondeos. Tres realizados en el punto 203860015, dos en el 203850017 y otros dos en el 203860016. Todos ellos fueron realizados por el IGME, excepto uno que lo realizó el S.G.O.P.U. En el sondeo 203860015 se obtuvo una transmisividad entre 34 y 55 m²/día, en el 203850017 entre 11 y 28 m²/día y en el 203860016 entre 100 y 165 m²/día (ITGE, 1996).

Hay datos de porosidad eficaz en el punto 203860016, variando, según los métodos y puntos de observación considerados, entre 0,5 y 3 %. En el mismo ensayo se calculó una porosidad eficaz de aproximadamente el 1%, como valor más representativo del conjunto del acuífero (ITGE, 1996).

No se dispone de datos de parámetros hidráulicos de la subunidad de Cárceles-Carluco, si bien se puede suponer que serán de igual orden de magnitud que los datos de Sierra Mágina.

La piezometría de la subunidad de Sierra Mágina es complicada. Aunque no existe una red de sondeos en el seno de la subunidad, por las cotas de los manantiales se pueden establecer unas direcciones de flujo. Hay dos zonas bien diferenciadas, que están separadas por la importante fractura que se sitúa al este de la Cumbre de Sierra Mágina, con dirección NNO-SSE. Las dos zonas se han denominado zona suroccidental y zona nororiental.

La zona suroccidental (sector SW-3 en ITGE, 1996) es drenada por el manantial de El Gargantón nº 203860009 (caudal medio aproximado de 300 l/s) a cota 1.120 y la parte oeste (sector SW-2 en ITGE, 1996) por el manantial de Mata Begid nº 203850007 (caudal medio aproximado de 125 l/s) situado a cota 1.010 (ITGE, sin fecha).

El sector nororiental podría estar fragmentado varios compartimentos de posible funcionamiento independiente, separados por fracturas y por el límite de cabalgamiento Subbético Externo / Unidades Intermedias. El principal manantial es el Manantial del Parque nº 203860007 (caudal medio aproximado de 30 l/s), situado a 875 m (ITGE, 1996).

En la zona nororiental, el flujo es principalmente hacia el sureste. Las cotas piezométricas varían entre los 1.010 y los 1.130 m. En el sector suroccidental, las direcciones varían entre suroeste a noreste, pero normalmente con componente sur. Las cotas piezométricas son algo más bajas, variado entre 875 y 1.070 m (ITGE, 1996).

La subunidad de Cárceles-Carlucó es menos conocida, al no existir ninguna perforación en su interior. El flujo parece dirigirse hacia el norte y noreste, hacia el nacimiento del río Bedmar (manantiales de Sistillo nºs 203820004 y 203820005, a 700 y 680 m respectivamente). El manantial Sistillo 1 nº 203820005 presenta caudales medios de 287 l/s (con máximos de 2.800 l/s) bastante superiores al manantial Sistillo 2 nº 203820004.

3.1.6.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO

La alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia sobre sus afloramientos permeables. Las descargas se producen a través de los manantiales, mediante extracciones por bombeo y un probable drenaje subterráneo al río Jandulilla y a materiales miocenos.

El balance hídrico disponible procede de distintos estudios para cada subunidad, que contemplan también diferentes periodos de estudio. No obstante, son ambos de un período de años hidrológicos suficiente (más de 35 en ambos casos), por lo que pueden considerarse comparables.

Subunidad de Mágina (ITGE, 1996)

Como balance global de la subunidad, para el período de control foronómico 1982-83 a 1994-95, que puede considerarse seco, se obtiene:

Entradas:

Infiltración de agua de lluvia sector nororiental	4,1 hm ³ /a
Infiltración de agua de lluvia sector Suroriental:	
Subsector SW-1 (Gargantón Alto)	5,3 hm ³ /a
Subsector SW-2 (Mata Begid)	2,6 hm ³ /a
Subsector SW-3 (Tosquilla-Guadalijar-Gargantón Bajo)	1,5 hm ³ /a
TOTAL	13,5 hm ³ /a

Salidas:

Manantiales y galerías.....	11,4 hm ³ /a
Sondeos	0,6 hm ³ /a
Descargas subterráneas ocultas	1,5 hm ³ /a
TOTAL	13,5 hm ³ /a

Si se calculan las entradas para un año medio del período 1960-95, se puede observar que son bastante mayores, del orden de 19,5 hm³/año, que podrían considerarse representativas de los recursos medios de esta subunidad. No están disponibles las salidas para este periodo.

Subunidad de Cárceles-Carluco (CHG, 1995)

Para una secuencia climática seca (período 1980-94 con control foronómico), las entradas deducidas para esta subunidad, por proporción de su superficie permeable respecto al total de la Unidad de Almadén-Carluca, en la que se incluía hasta la fecha, se tendría:

Entradas:

Infiltración de agua de lluvia	7,6-8,8 hm ³ /a
Lateral de la Subunidad Mágina.....	1,6-0,4 hm ³ /a
TOTAL	9,2 hm ³ /a

Salidas:

Drenaje por manantiales	9,2 hm ³ /a
TOTAL	9,2 hm ³ /a

Para años medios no se dispone de aforos de manantiales, pero las entradas por infiltración se elevarían con igual criterio a unos 14,5-17,5 hm³/año (período 1942-85), que pueden considerarse representativas de los recursos medios de esta subunidad.

En definitiva, para el conjunto de la M.A.S. los recursos medios serían, por consiguiente, de unos 34-37 hm³/año, mientras que en años secos no superarían los 21-22 hm³/año.

4.- VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

4.1.- INVENTARIO DE FOCOS CONTAMINANTES

El municipio de Huelma presenta una muy importante actividad agrícola, y en menor medida ganadera e industrial.

En cuanto a la afección potencial sobre las captaciones de abastecimiento, esta afección no parece que pueda llegar a ser significativa en ninguno de los casos, salvo en alguna explotación ganadera concreta.

4.2.- VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

Los afloramientos carbonatados permeables de las M.A.S. 05.41 "Guadahortuna-Larva" y 05.21 "Sierra Mágina" están considerados como muy vulnerables a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación.

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 es importante. En el cuadro siguiente se relacionan las actividades industriales y el número de establecimientos.

TIPO DE INDUSTRIA	Nº DE ESTABLECIMIENTOS
Obtención de aceite de oliva	5
Carpintería de madera, fabricación muebles	8
Carpintería metálica	3
Casas de turismo rural	3
Albergues juveniles	1
Venta al por menor de carburantes para automoción	3
Extracción de gravas, trituración y molienda	1
Extracción de mármol.	1
Hostales (incluido restaurante en él)	3
Fabricación de productos de panadería y pastelería	1
Fabricación de productos cárnicos	2
Fabricación materiales construcción	1
Corte, tallado Piedra Ornamental	2
Restaurantes	1
Mantenimiento y reparación de vehículos a motor	17
Venta al por menor de fertilizantes	7

El alpeorjuo de las almazaras se recoge en balsas de las cuales algunas están ubicadas sobre materiales detríticos permeables del aluvial del arroyo del Soto, tributario del Río Huelma por lo que su potencial afección a las aguas subterráneas se considera alta. La afección a las captaciones de abastecimiento al municipio se considera insignificante.

La actividad ganadera en el municipio es importante. Existen 199 granjas con un total de 141.472 cabezas que generan una carga contaminante total de 144,3 tm de N y 55,9 tm de P₂O₅ al año. La mayoría de la cabaña ganadera la representa la ganadería aviar cuyo aporte es de 108,5 tm del total de N. En la cabaña ganadera, cabe distinguir el ganado ovino y caprino, en muchos casos dispersa pero en otros

estabulado en las proximidades de materiales detríticos permeables. Esto afectaría potencialmente en grado bajo-medio a las aguas subterráneas. En general, las granjas tanto porcinas como avícolas se sitúan sobre aluviales tributarios del Río Huelma o sobre materiales de naturaleza detrítica, a cuyas aguas subterráneas afectaría potencialmente en grado elevado, no así a las aguas para suministro urbano donde sería de grado insignificante.

La superficie total cultivada en el municipio es de 12.937 ha, de las que 2.164 ha pertenecen a cultivos de regadío y 10.773 ha a secano. Los principales cultivos de secano son el olivar y los cereales, con 8.236 y 1.452 ha respectivamente, mientras que el principal cultivo de regadío es el olivar con 2.086 ha. La afección potencial debido a estos cultivos por el uso de fertilizantes en exceso se considera baja al desarrollarse en su mayor parte sobre materiales de baja permeabilidad y en menor medida sobre detríticos permeables.

Los residuos sólidos urbanos son tratados fuera del municipio. Además existen dos escombreras incontroladas una en Huelma y otra en Solera situadas sobre materiales de baja permeabilidad cuya afección potencial a las aguas subterráneas se considera insignificante.

Las aguas residuales generadas en el núcleo de Huelma se procesan en la EDAR mediante tratamiento secundario de lagunaje más lecho bacteriano y posteriormente se vierten al Río Huelma. La afección potencial a las aguas subterráneas del aluvial de dicho río se considera baja. Además existe una EDAR en la que se realiza un tratamiento secundario de los vertidos procedentes de un lavadero de prendas de ropa (jeans) que posteriormente se vierten al Arroyo La Huerta del Soto. Su afección potencial al aluvial se considera media. El núcleo de Solera vierte sus aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento al Barranco de la Cañada en su recorrido sobre materiales de baja permeabilidad por lo que la afección potencial a las aguas subterráneas se considera insignificante.

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 Huelma tienen recursos suficientes para abastecer la demanda urbana del municipio.
- Los sondeos de Gualijar, La Tosquilla y El Chopo pueden suministrar un caudal próximo a 5.000 m³/día aunque con problemas de arrastres de finos.
- La instalación de todos los sondeos es algo deficiente ya que no disponen de caudalímetro, tubería piezométrica ni espita tomamuestras.
- Las captaciones de manantiales están en buen estado aunque los caudales drenados son meramente anecdóticos.
- La calidad química de las muestras analizadas no supera los límites exigidos por la Reglamentación Técnica Sanitaria (R.D. 140/2003).
- El volumen de depósitos es suficiente para cubrir las necesidades de la población aunque el depósito de Gualijar se encuentra inutilizado debido a grietas que no le permiten almacenar agua.
- Las aguas residuales se vierten una vez depuradas al Río Huelma las del núcleo de Huelma. Las de Solera se vierten sin tratamiento al Barranco de la Cañada.
- La afección sobre las captaciones de abastecimiento se considera insignificante.

POSIBLES MEJORAS

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

1. Instalación y puesta en servicio del sondeo Las Cabritas.
2. Instalación de caudalímetros, tuberías piezométricas, espitas tomamuestras y contadores eléctricos independientes en todos los sondeos de abastecimiento al municipio.
3. Una vez instalados los sondeos adecuadamente, realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.
4. Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales de Fuente de las Negras y Gualjar y llevar a cabo su seguimiento.
5. Instalación de un sistema de medida automática del nivel y almacenamiento de datos en el sondeo Gualijar 3.
6. Reparar el depósito de Gualijar para que pueda realizar su función.
7. Puentear el depósito de Gualijar hasta su reparación.
8. Depurar las aguas residuales de Solera.
9. Como medida general, se recomienda disminuir el consumo de agua en toda la población.

7.-RESUMEN Y CONCLUSIONES

El municipio de Huelma tiene una población residente estable de 6.180 habitantes en enero de 2005 de los que 5.861 corresponden a Huelma, 311 a Solera, 8 a Cabrita y el resto a diseminados. El incremento estacional se estima en aproximadamente 450 habitantes. El consumo real está en torno a 626.000 m³/año (IGME, 2000), con un consumo base de 1.685 m³/día y punta de 1.808 m³/día.

El abastecimiento se realiza desde siete sondeos y tres manantiales, localizados dentro del propio término municipal. Los sondeos, denominados Gualijar I (203860016), Gualijar II (203860018), Tosquilla 1 (203850017), Tosquilla 2 y Las Cabritas (203860033) y el manantial de Gualijar (203860002) se localizan en materiales carbonatados de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S.) 05.21 "Sierra Mágina". El sondeo denominado Cortijo de Cújar (203870027) y el manantial de la Fuente de las Negras (203860025) captan el agua de la M.A.S 05.41 "Guadahortuna-Larva". El resto de los puntos de abastecimiento, el sondeo del Chopo (203910009) y el manantial de la Fuente de la Peña (203910011) no tienen M.A.S. definida.

El agua procedente de las captaciones de abastecimiento, a excepción de la de la Fuente de la Peña, se almacena en seis depósitos que proporcionan una capacidad total de regulación de 2.250 m³. La capacidad óptima calculada para situaciones de demanda punta es de 2.188 m³, considerándose suficiente la existente.

La calidad química de las aguas captadas para abastecimiento es aceptable.

La totalidad de las aguas residuales urbanas y de los vertidos industriales de Huelma se procesan en la EDAR y posteriormente se vierten al Río Huelma lo que afectaría potencialmente a las aguas subterráneas del aluvial del mismo en grado bajo. Las ARU de Solera se vierten sin ningún tipo de tratamiento al Barranco de la Cañada en su recorrido sobre materiales de baja permeabilidad.

Las mejoras se dirigen fundamentalmente a la instalación de caudalímetros, tuberías piezométricas, espitas tomamuestras y contadores eléctricos independientes

en todos los sondeos de abastecimiento al municipio y a llevar a cabo un control de los caudales bombeados y drenados por los manantiales además de instalar un sistema de piezometría automática en el sondeo Gualijar 3. Asimismo, se recomienda reparar el depósito de Gualijar y poner en servicio el sondeo Las Cabritas, de reciente construcción además de depurar las aguas residuales del núcleo de Solera. Como medida general, se recomienda disminuir el consumo de agua en toda la población.

FICHA RESUMEN MUNICIPAL

ANÁLISIS QUÍMICOS

SampleID : 203850022
 Location : HUELMA
 Site : TOSQUILLA 2
 Sampling Date : 11/05/2006
 Geology : 05.21 "Sierra Magina"
 Watertype : Mg-Ca-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 5.9014
 Sum of Cations (meq/l) : 5.8415
 Balance: : -0.51%

Calculated TDS(mg/l) : 293.1

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 5.62	28.12	15.75	281.2
Permanent hardness	: 0.54	2.71	1.52	27.1
Temporary hardness	: 5.08	25.41	14.23	254.1
Alkalinity	: 5.08	25.41	14.23	254.1

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

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	5.0	0.217	0.217	1.848
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	55.0	1.372	2.745	23.376
Mg++	35.0	1.44	2.879	24.517
Cl-	4.0	0.113	0.113	0.962
SO4--	27.0	0.281	0.562	4.786
HCO3-	310.0	5.081	5.081	43.269

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1.571	0.953	0.319	0.194
Ca/SO4	2.037	4.882	0.152	0.364
Na/Cl	1.25	1.928	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 6.6	0.1128
Dolomite (CaMg(CO3)2):	200.884	1.091
Anhydrite (CaSO4)	: 38.284	0.281
SiO2 as Quartz	: 4.764	0.079
or Feldspar (NaAlSi3O8):	20.803	0.079

SampleID : 203860018
 Location : HUELMA
 Site : GUADALIJAR II
 Sampling Date : 11/05/2006
 Geology : 05.21 "Sierra Mágina"
 Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 4.0103
 Sum of Cations (meq/l) : 3.8282
 Balance: : -2.32%

Calculated TDS(mg/l) : 198.1

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 3.74	18.71	10.48	187.1
Permanent hardness	: 0.43	2.15	1.20	21.5
Temporary hardness	: 3.31	16.56	9.27	165.6
Alkalinity	: 3.31	16.56	9.27	165.6

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

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	2.0	0.087	0.087	1.11
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	42.0	1.048	2.096	26.74
Mg++	20.0	0.823	1.645	20.986
Cl-	2.0	0.056	0.056	0.714
SO4--	27.0	0.281	0.562	7.17
HCO3-	202.0	3.311	3.311	42.24

Ratios Comparison to Seawater

	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.1	1.274	0.319	0.194
Ca/SO4	1.556	3.728	0.152	0.364
Na/Cl	1.0	1.542	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l

Halite (NaCl) : 3.3 0.0564
 Dolomite (CaMg(CO3)2): 141.171 0.767
 Anhydrite (CaSO4) : 38.284 0.281
 SiO2 as Quartz : 3.611 0.06
 or Feldspar (NaAlSi3O8): 15.77 0.06

SampleID : 203910011
 Location : HUELMA
 Site : FTE. LA PEÑA
 Sampling Date : 11/05/2006
 Geology : Sin masa definida
 Watertype : Ca-Mg-HCO3-NO3

Sum of Anions (meq/l) : 5.7453
 Sum of Cations (meq/l) : 5.4982
 Balance: : -2.20%

Calculated TDS(mg/l) : 455.4

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 5.19	25.97	14.54	259.7
Permanent hardness	: 1.46	7.28	4.08	72.8
Temporary hardness	: 3.74	18.69	10.46	186.9
Alkalinity	: 3.74	18.69	10.46	186.9

(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	2.704
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	81.0	2.021	4.042	35.95
Mg++	14.0	0.576	1.152	10.246
Cl-	6.0	0.169	0.169	1.503
SO4--	31.0	0.323	0.645	5.737
HCO3-	228.0	3.737	3.737	33.237

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5.786	3.509	0.319	0.194
Ca/SO4	2.613	6.262	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
Carbonate (CaCo3)	: 112.346	1.1235
Dolomite (CaMg(CO3)2):	106.022	0.576
Anhydrite (CaSO4)	: 43.956	0.323
SiO2 as Quartz	: 11.065	0.184
or Feldspar (NaAlSi3O8):	48.316	0.184

SampleID : 203870027
 Location : HUELMA
 Site : CUJAR
 Sampling Date : 11/05/2006
 Geology : 05.41 "Guadahortuna-Larva"
 Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 4.6661
 Sum of Cations (meq/l) : 4.4705
 Balance: : -2.14%

Calculated TDS(mg/l) : 357.4

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 4.34	21.70	12.15	217.0
Permanent hardness	: 0.57	2.85	1.60	28.5
Temporary hardness	: 3.77	18.85	10.56	188.5
Alkalinity	: 3.77	18.85	10.56	188.5

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

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	3.0	0.13	0.13	1.423
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	54.0	1.347	2.695	29.497
Mg++	20.0	0.823	1.645	18.005
Cl-	4.0	0.113	0.113	1.237
SO4--	26.0	0.271	0.541	5.921
HCO3-	230.0	3.77	3.77	41.263

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.7	1.638	0.319	0.194
Ca/SO4	2.077	4.978	0.152	0.364
Na/Cl	0.75	1.157	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 6.6	0.1128
Carbonate (CaCo3)	: 25.418	0.2542
Dolomite (CaMg(CO3)2):	151.46	0.823
Anhydrite (CaSO4)	: 36.866	0.271
SiO2 as Quartz	: 4.149	0.069
or Feldspar (NaAlSi3O8):	18.118	0.069

SampleID : 203910009
 Location : HUELMA
 Site : CHOPO
 Sampling Date : 11/05/2006
 Geology : Sin masa definida
 Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 5.9540
 Sum of Cations (meq/l) : 6.1988
 Balance: : 2.01%

Calculated TDS(mg/l) : 468.2

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 5.78	28.91	16.19	289.1
Permanent hardness	: 1.14	5.72	3.20	57.2
Temporary hardness	: 4.64	23.19	12.99	231.9
Alkalinity	: 4.64	23.19	12.99	231.9

(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	3.217
K +	1.0	0.026	0.026	0.214
Ca++	73.0	1.821	3.643	29.977
Mg++	26.0	1.07	2.139	17.601
Cl-	7.0	0.197	0.197	1.621
SO4--	32.0	0.333	0.666	5.48
HCO3-	283.0	4.639	4.639	38.172

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.808	1.703	0.319	0.194
Ca/SO4	2.281	5.467	0.152	0.364
Na/Cl	1.286	1.983	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 10.054	0.1719
Sylvite (KCl)	: 1.907	0.0257
Carbonate (CaCO3)	: 41.912	0.4191
Dolomite (CaMg(CO3)2):	196.898	1.07
Anhydrite (CaSO4)	: 45.374	0.333
SiO2 as Quartz	: 7.069	0.118
or Feldspar (NaAlSi3O8):	30.869	0.118

FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

MAPAS