

**FRAILES**

## 1.-GENERALIDADES

El municipio de Frailes tiene una población residente estable de 1.801 habitantes en enero de 2005 de los que 1.574 corresponden al núcleo de Frailes, 52 a Los Rosales, 28 a Puerto Blanco y el resto a las aldeas de Los Bailadores, Los Barrancos, Los Baños, Cañada Noguerras, Cerrillo El Ciego, Majada Abrigada, El Nogueral, Las Parras, Solana de la Parra y La Dehesilla. El incremento estacional se estima en aproximadamente 200 habitantes. La demanda base, calculada en función de una dotación teórica media de 220 l/hab/día, es de 396 m<sup>3</sup>/día. En los meses de verano, julio, agosto y septiembre, sube a una demanda aproximada de 440 m<sup>3</sup>/día. Esto representa una demanda aproximada de 149.000 m<sup>3</sup>/año. El consumo real debe estar en torno a 125.000 m<sup>3</sup>/año, con un consumo base de 333 m<sup>3</sup>/día y punta de 370 m<sup>3</sup>/día.

El abastecimiento a Frailes y a las pedanías de Los Rosales y Puerto Blanco se realiza desde un sondeo y dos manantiales localizados dentro del propio término municipal. El sondeo, denominado Los Rosales (193950022), y los manantiales, denominados El Nacimiento o también El Lavadero (194010013) y Puerto Blanco (194010031), drenan el agua de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S) 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte". Además, el abastecimiento al núcleo de Frailes se complementa con un sondeo denominado El Chaparral (194010024) localizado en la misma M.A.S., que, aunque situado en el término municipal de Frailes, pertenece al sistema de abastecimiento a Alcalá la Real.

El sondeo Los Rosales se localiza en la pedanía del mismo nombre, al pie del Cerro de la Misa. Se desconoce la profundidad del nivel piezométrico al carecer de tubería piezométrica y suministra un caudal próximo a los 0,7 l/s.

El manantial de El Nacimiento se localiza en el mismo núcleo de Frailes. Drena un caudal que oscila entre prácticamente cero y 60 l/s, con puntas históricas de hasta 200 l/s, que se captan para abastecimiento y riego.

El manantial de Puerto Blanco está situado en la pedanía del mismo nombre, junto al río Juliche. Actualmente está seco aunque existe la infraestructura de elevación desde el manantial al depósito de abastecimiento.

El agua procedente de las captaciones de abastecimiento se almacena en cuatro depósitos que proporcionan una capacidad total de regulación de 677 m<sup>3</sup>. La capacidad óptima calculada para situaciones de demanda punta es de 660 m<sup>3</sup>, considerándose por lo tanto 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 el mapa a escala 1:25.000 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. "Sondeo Los Rosales" CA23033001 (193950022): Capta materiales carbonatados de la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales Sector Norte". Tiene una profundidad de 60 m y se sitúa a cota 980 m s.n.m.. Está entubado con tubería metálica de 315 mm de diámetro interior.



Su caudal de explotación según la base de datos AGUAS es de 0,7 l/s. El nivel estático se desconoce. Está instalado con una electrobomba sumergible y la tubería de impulsión es metálica. Abastece a la pedanía del mismo nombre.

El sondeo no dispone de tubo piezométrico para el control de los niveles estático y dinámico ni de espita tomamuestras. Tiene instalado un caudalímetro para la medida del caudal bombeado y no dispone de contador de energía eléctrica independiente.

La Encuesta de Cuantificación de volúmenes de bombeo no se ha podido realizar al carecer de tubería piezométrica y de contador de energía eléctrica independiente.



**2. " Manantial del Nacimiento (o Lavadero)" CA23033002 (194010013):** Esta situado en el mismo núcleo de Frailes, a cota 990 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 prácticamente cero y 60 l/s con puntas históricas de hasta 200 l/s. La captación consiste en una galería de aproximadamente 1 km de longitud que atraviesa calizas del Lías inferior.

Abastece por gravedad a la parte baja del pueblo y mediante un sistema de motores se eleva parte del caudal a un depósito superior que suministra agua a la parte alta del núcleo. El agua se utiliza para abastecimiento y los excedentes para riego.



**3. " Manantial de Puerto Blanco " CA23033003 (194010031):** Esta situado en la aldea del mismo nombre, 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". Actualmente está seca por lo que la población es abastecida mediante cubas.



## DEPÓSITOS

Existen cuatro depósitos de regulación en uso:

- **DE23033001:** Denominado Depósito del Nacimiento, se sitúa a 994 m s.n.m.. Su



base es rectangular y está fabricado de hormigón con 70 m<sup>3</sup> de capacidad total. Se abastece desde el manantial del Nacimiento y suministra agua a la parte baja del pueblo y desde él se bombea al depósito del Calvario.

- **DE23033002:** Denominado Depósito del Calvario, se sitúa a 1.040 m s.n.m.. Su base es rectangular y está fabricado de hormigón. Su capacidad de almacenamiento total es de 450 m<sup>3</sup>. Al igual que el anterior se abastece desde depósito del Nacimiento y desde el sondeo del Chaparral (sistema de Alcalá la Real) y suministra agua a la parte alta del pueblo.



- **DE23033003:** Denominado Depósito de Los Rosales, se sitúa a 1.250 m s.n.m.. Su base es rectangular y está fabricado de obra. Su capacidad de almacenamiento total es de 7 m<sup>3</sup>. Se abastece desde el sondeo de Los Rosales y suministra agua a la pedanía.

- **DE23033004:** Denominado Depósito de Puerto Blanco, se sitúa a 1.030 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 abastecía desde el manantial de Puerto Blanco y actualmente con cubas. Suministra agua a la pedanía.



Depósito de Los Rosales



Depósito de Puerto Blanco

### CONDUCCIONES

El sistema de conducciones de abastecimiento en alta tiene una longitud total de aproximadamente 3 km de tuberías. Sus principales características se incluyen en el cuadro adjunto.

Código	Diámetro (mm)	Tipo	Estado	Longitud (m)	Procedencia	Final
CO23033001	125	PVC	Se desconoce	295	Depósito Nacimiento	Depósito Calvario
CO23033002	-	-	Se desconoce	1.769	Depósito Chaparral	Depósito Calvario
CO23033003	-	-	Se desconoce	324	Sondeo Rosales	Depósito Rosales
CO23033004	-	-	Se desconoce	643	Sondeo Pto. Blanco	Dep. Pto. Blanco
			<b>Total</b>	3.031		

## 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 a excepción de la pedanía de Puerto Blanco.
2. El manantial del Nacimiento suministra un caudal que puede oscilar entre prácticamente cero y 60 l/s. Su captación se considera en buen estado.
3. El sondeo de Los Rosales que suministra un caudal próximo a 0,7 l/s para abastecimiento de la pedanía del mismo nombre, no tiene tubería piezométrica, ni contador eléctrico exclusivo por lo que se desconoce su rendimiento.
4. El manantial de Puerto Blanco está seco desde hace tiempo por lo que la pedanía debe abastecerse mediante cubas.
5. El volumen de los depósitos en uso es de 667 m<sup>3</sup>, considerándose suficiente aunque en situaciones de demanda punta para el núcleo de Frailes serían necesarios 585 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento y solamente cuentan con 520 m<sup>3</sup>.

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

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

##### **3.1.1.- GEOLOGÍA**

El sondeo de Los Rosales y los manantiales de El Nacimiento y Puerto Blanco que abastecen a Frailes 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., las captaciones se encuentran en la Subunidad de Frailes-Boleta.

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.

### 3.1.2.- 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 monoclin al 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.

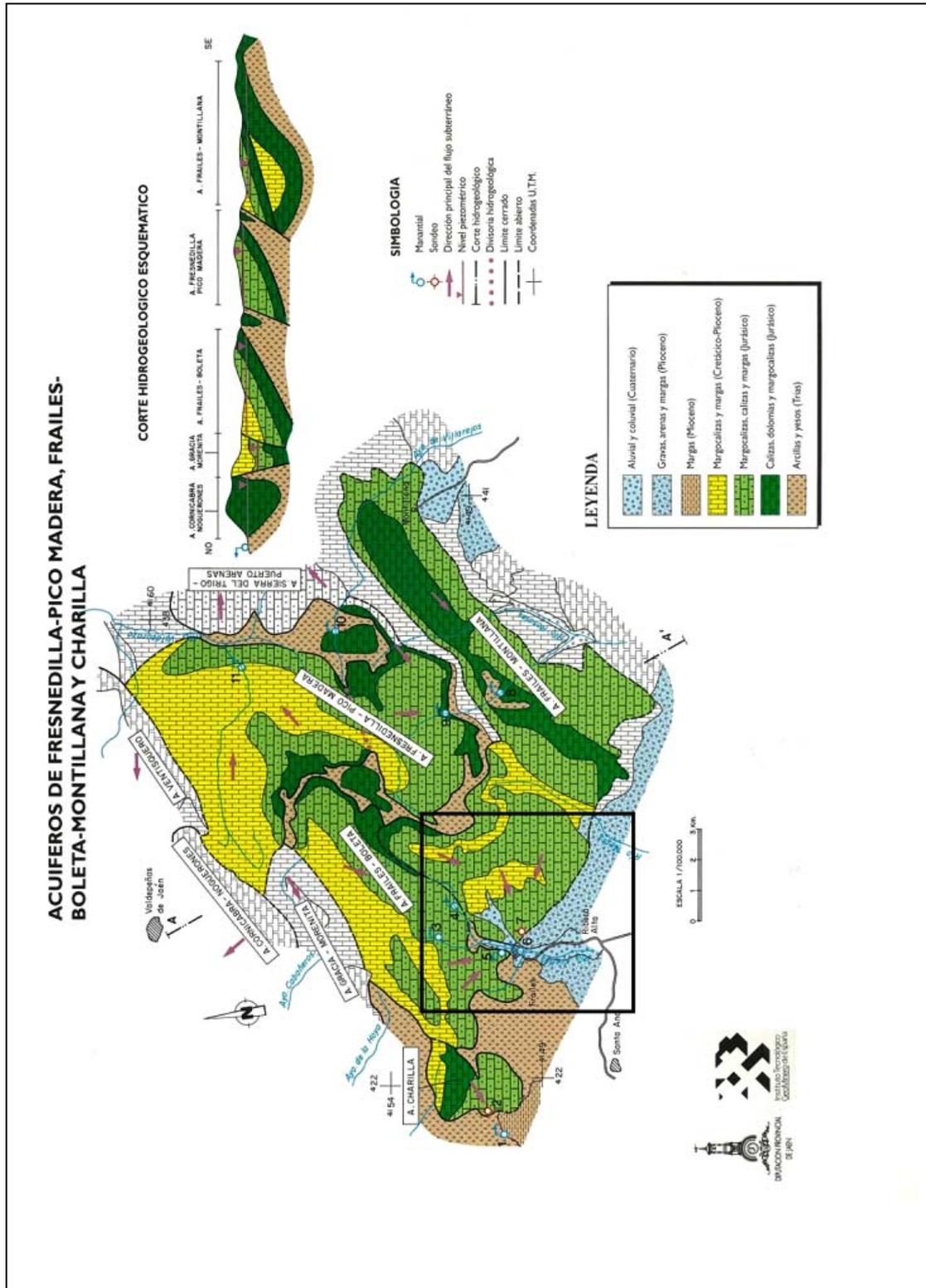


Figura 1: Hidrogeología del área donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Frailes.

### 3.1.3.- 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 del sondeo Los Rosales y del manantial del Nacimiento. Las dos muestras presentan una facies bicarbonatada cálcica con conductividades a 20°C de 583  $\mu\text{S}/\text{cm}$  la del sondeo y 567  $\mu\text{S}/\text{cm}$  la del manantial. Destacan los 27 mg/l de nitratos de la muestra del sondeo Los Rosales. En la figura nº 2 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.

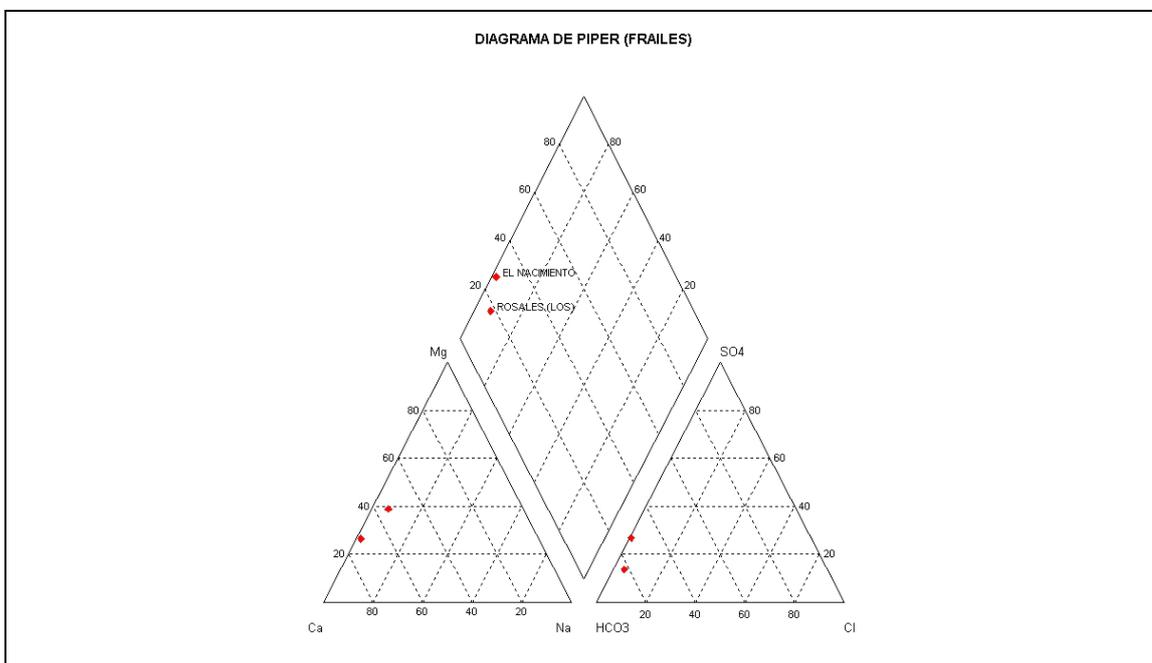


Figura nº 2: Diagrama de Piper del agua de las captaciones de abastecimiento a Frailes.

### 3.1.4.- 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.

### 3.1.5.- 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 el sondeo destinado a abastecimiento de Campillo de Arenas (Almendo Gordo, 193970032), que capta calizas Jurásicas 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)
    - Coeficiente de almacenamiento: 2x10<sup>-3</sup> (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 77), realizada por el IGME (ITGE, 1999).

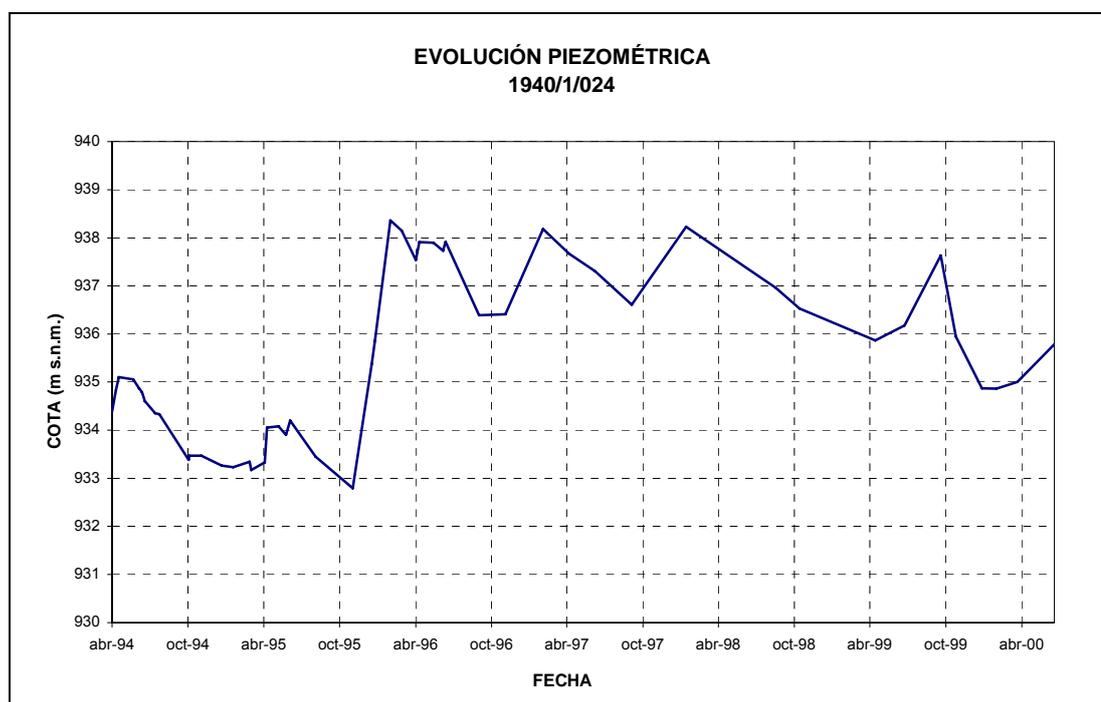


Gráfico 1: Evolución piezométrica del sondeo 1940/1/24

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.

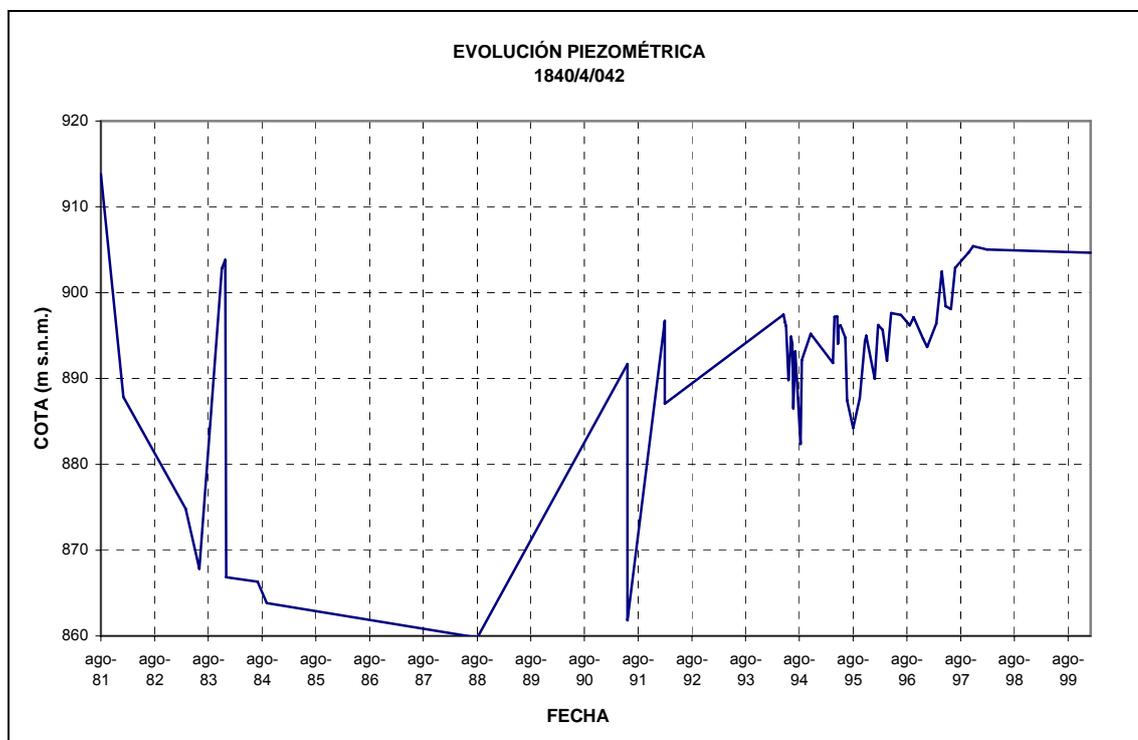


Gráfico 2: Evolución piezométrica del sondeo Llanos II

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.

### 3.1.6.- 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 (193960002), 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 (183970005), 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 (183980012) 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 Frailes 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 puede llegar a ser significativa debido a la proximidad del manantial del Nacimiento al núcleo urbano (dentro de él).

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

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 dos almazaras, una fábrica de muebles, tres carpinterías metálicas, una cooperativa vitivinícola, una estación de servicio de carburante una fábrica de sacos, cinco talleres de reparación de vehículos a motor, tres establecimientos de venta de fertilizantes, una industria maderera, una panadería y tres establecimientos hosteleros .

El alpeorajo de las almazaras se deposita en balsas de las que una esta situada sobre materiales detríticos permeables que están en contacto con los carbonatos captados con el sondeo del Chaparral de abastecimiento a Alcalá la Real y a Frailes, por lo que su potencial afección a las aguas subterráneas se considera elevada. La otra está sobre materiales de baja permeabilidad por lo que su potencial afección se considera insignificante. El resto de las industrias vierten a la red municipal.

La actividad ganadera en el municipio es importante. Existen 298 granjas con un total de 13.410 cabezas que generan una carga contaminante total de 24,7 tm de N y 6,3 tm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> al año. La mayoría de la cabaña ganadera la representa la ganadería aviar cuyo aporte es de 8,3 tm del total de N. La cabaña ganadera, principalmente ovino y caprino, se distribuye mayoritariamente sobre materiales detríticos y carbonatados, en algunos casos en las proximidades del mayor punto de suministro al núcleo de Frailes, por lo que la afección potencial a las aguas subterráneas sería de grado elevado. Las granjas avícolas existentes en el término municipal se sitúan sobre materiales de baja permeabilidad y alejados de los puntos de suministro urbano, por lo que la afección potencial a las aguas subterráneas sería insignificante.

La superficie total cultivada en el municipio es de 1.830 ha, de las que 30 ha pertenecen a cultivos de regadío y 1.800 ha a secano. Los principales cultivos de regadío son el olivar y las hortalizas, con 10 y 8 ha respectivamente, mientras que el

principal cultivo de secano es el olivar con 1.768 ha. El cultivo del olivar representa el 97% de los cultivos desarrollados en el municipio. Este cultivo de secano aporta a los materiales sobre los que se desarrollan, detríticos, carbonatados e impermeables, más de 142 tm de N/año, aunque al ser un cultivo extensivo la afección potencial a las aguas subterráneas sería de grado medio. Los cultivos de regadío se desarrollan sobre materiales detríticos y el grado se considera elevado.

Los residuos sólidos urbanos son tratados en vertedero controlado fuera del término municipal. Existe una escombrera incontrolada situada sobre materiales de baja permeabilidad por lo que su afección potencial a las aguas subterráneas se considera insignificante.

Las aguas residuales generadas en el municipio se vierten sin tratamiento al Río Velillos, donde afectaría potencialmente a las aguas subterráneas del acuífero aluvial del mismo en grado elevado aunque no a los puntos de abastecimiento al municipio de Frailes.

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

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

- La M.A.S. donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Frailes tiene recursos suficientes para abastecer la demanda urbana del municipio.
- El manantial del suministra un caudal que puede oscilar entre prácticamente cero y 60 l/s.
- El abastecimiento a Frailes se basa en el manantial del Nacimiento y, cuando el caudal del manantial disminuye se apoya con el sondeo del Chaparral perteneciente al sistema de abastecimiento a Alcalá la Real (según informador municipal).
- La captación se considera en buen estado.
- La instalación del sondeo de Los Rosales, con una bomba de potencia desconocida, es algo deficiente ya que carece de tubería piezométrica. Suministra un caudal próximo a los 0,7 l/s.
- El manantial de Puerto Blanco que abastecía a la pedanía del mismo nombre se encuentra seco en la actualidad por lo que se debe abastecer a la pedanía mediante cubas.
- El agua de abastecimiento presenta una calidad aceptable para consumo humano.
- El volumen de depósitos es suficiente para cubrir las necesidades de la población ya que supera 1,5 veces la demanda punta. No obstante, en situaciones de demanda punta para el núcleo de Frailes serían necesarios 585 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento y solamente cuentan con 520 m<sup>3</sup>.
- Las aguas residuales se vierten sin tratamiento al Río Velillos, existiendo la posibilidad de una afección directa sobre el aluvial del mismo.
- La afección sobre las captaciones de abastecimiento se considera inexistente.

**POSIBLES MEJORAS**

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

1. Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo de Almendro Gordo y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico. Además instalar un contador de energía eléctrica solamente para el sondeo.
2. Una vez instalada la tubería piezométrica y el contador de energía eléctrica realizar la encuesta de cuantificación correctamente.
3. Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento (para abastecimiento y riego) y llevar a cabo su seguimiento tanto para abastecimiento como para riego.
4. Aumentar la capacidad de almacenamiento del núcleo de Frailes.
5. Depurar las ARU del municipio.
6. Realizar un estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar un sondeo que solucione los problemas de escasez en los periodos en que disminuye el caudal del manantial del Nacimiento.
7. Realizar otro estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar un sondeo que solucione el abastecimiento de la pedanía de Puerto Blanco.

## 7.-RESUMEN Y CONCLUSIONES

El municipio de Frailes tiene una población residente estable de 1.801 habitantes en enero de 2005 de los que 1.574 corresponden al núcleo de Frailes, 52 a Los Rosales, 28 a Puerto Blanco y el resto a las aldeas de Los Bailadores, Los Barrancos, Los Baños, Cañada Noguerras, Cerrillo El Ciego, Majada Abrigada, El Nogueral, Las Parras, Solana de la Parra y La Dehesilla. El incremento estacional se estima en aproximadamente 200 habitantes. El consumo real es de aproximadamente 125.000 m<sup>3</sup>/año, con un consumo base de 333 m<sup>3</sup>/día y punta de 370 m<sup>3</sup>/día.

El abastecimiento a Frailes y a las pedanías de Los Rosales y Puerto Blanco se realiza desde un sondeo y dos manantiales localizados dentro del propio término municipal. El sondeo, denominado Los Rosales (193950022), y los manantiales, denominados El Nacimiento o también El Lavadero (194010013) y Puerto Blanco (194010031), drenan el agua de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S) 05. 28 "Montes Orientales. Sector Norte". Además, el abastecimiento al núcleo de Frailes se complementa con un sondeo denominado El Chaparral (194010024) localizado en la misma M.A.S., que, aunque situado en el término municipal de Frailes, pertenece al sistema de abastecimiento a Alcalá la Real.

El agua procedente de las captaciones de abastecimiento se almacena en cuatro depósitos que proporcionan una capacidad total de regulación de 677 m<sup>3</sup>. La capacidad óptima calculada para situaciones de demanda punta es de 660 m<sup>3</sup>, considerándose por lo tanto suficiente la existente.

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

La totalidad de las aguas residuales urbanas y de los vertidos industriales se vierten sin tratamiento al Río Velillos lo que afectaría potencialmente a las aguas subterráneas del acuífero aluvial del mismo en grado elevado.

Las mejoras se dirigen fundamentalmente a acondicionar el sondeo de Los Rosales y llevar a cabo un control del caudal extraído y de la evolución del nivel piezométrico así como instalar algún sistema de medida en el manantial del Nacimiento y llevar a cabo igualmente su seguimiento. Además, se recomienda realizar los estudios hidrogeológicos correspondientes para perforar sondeos que solucionen el abastecimiento a Frailes en periodos de decrecimiento del caudal drenado por el manantial del Nacimiento y el abastecimiento a la pedanía de Puerto Blanco así como a depurar las aguas residuales del municipio.

**FICHA RESUMEN MUNICIPAL**

**ANÁLISIS QUÍMICOS**

SampleID : 194010013  
 Location : FRAILES  
 Site : EL NACIMIENTO  
 Sampling Date : 30/03/2006  
 Geology : 05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"  
 Watertype : Ca-Mg-HCO3-SO4

Sum of Anions (meq/l) : 6.5531  
 Sum of Cations (meq/l) : 6.4989  
 Balance: : -0.42%

Calculated TDS(mg/l) : 354.8

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6.37	31.84	17.83	318.4
Permanent hardness	: 1.68	8.40	4.71	84.0
Temporary hardness	: 4.69	23.44	13.13	234.4
Alkalinity	: 4.69	23.44	13.13	234.4

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

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	3.0	0.13	0.13	0.996
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	93.0	2.32	4.641	35.558
Mg++	21.0	0.864	1.728	13.239
Cl-	2.0	0.056	0.056	0.429
SO4--	83.0	0.864	1.728	13.239
HCO3-	286.0	4.688	4.688	35.918

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4.429	2.686	0.319	0.194
Ca/SO4	1.12	2.685	0.152	0.364
Na/Cl	1.5	2.313	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 3.3	0.0564
Carbonate (CaCo3)	: 59.303	0.593
Dolomite (CaMg(CO3)2):	159.033	0.864
Anhydrite (CaSO4)	: 117.688	0.864
SiO2 as Quartz	: 6.608	0.11
or Feldspar (NaAlSi3O8):	28.855	0.11

SampleID : 193950022  
 Location : FRAILES  
 Site : ROSALES (LOS)  
 Sampling Date : 30/03/2006  
 Geology : 05.28 Mts. Orientales. Sector Norte"  
 Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 6.5333  
 Sum of Cations (meq/l) : 6.3462  
 Balance: : -1.45%

Calculated TDS(mg/l) : 498.9

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 5.91	29.56	16.55	295.6
Permanent hardness	: 0.93	4.64	2.60	46.4
Temporary hardness	: 4.98	24.91	13.95	249.1
Alkalinity	: 4.98	24.91	13.95	249.1

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

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	10.0	0.435	0.435	3.377
K +	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca++	69.0	1.722	3.443	26.732
Mg++	30.0	1.234	2.468	19.162
Cl-	10.0	0.282	0.282	2.19
SO4--	40.0	0.416	0.833	6.468
HCO3-	304.0	4.983	4.983	38.689

Ratios	mg/l		Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.3	1.395	0.319	0.194
Ca/SO4	1.725	4.134	0.152	0.364
Na/Cl	1.0	1.542	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 16.501	0.2821
Carbonate (CaCO3)	: 7.114	0.0711
Dolomite (CaMg(CO3)2):	227.19	1.234
Anhydrite (CaSO4)	: 56.717	0.416
SiO2 as Quartz	: 6.839	0.114
or Feldspar (NaAlSi3O8):	29.862	0.114

**FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN**

**MAPAS**