



Instituto Geológico
y Minero de España

Málaga.es diputación
medio ambiente y articulación territorial
medio ambiente



**CONVENIO
EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE MÁLAGA - INSTITUTO GEOLÓGICO
Y MINERO DE ESPAÑA**

INFORME FINAL

MEMORIA AÑOS 2006-2009

ÍNDICE

1.- Introducción	4
2.- Objetivos	6
3.- Resultados obtenidos	8
3.1. Actividad 1. Atlas Hidrogeológico de la provincia de Málaga	8
3.2. Actividad 2. Sistema de Información Geográfica de Aguas Subterráneas (SIAS) de la provincia de Málaga	13
3.3. Actividad 3. Libro divulgativo sobre el “Agua subterránea en la cultura, el paisaje y el medio ambiente en la provincia de Málaga”	16
3.4. Actividad 4. Mapa Geológico provincial a escala 1:100.000	18
3.5. Actividad 5. Asesoramiento permanente en temas relacionados con la geología aplicada	22
4. Conclusiones	34



Instituto Geológico
y Minero de España



ANEXOS

Anexo I. Abastecimiento a la localidad de Almargen	36
Anexo II. Abastecimiento a la localidad de Benalauría	66
Anexo III. Abastecimiento a la localidad de Alameda	89
Anexo IV. Determinaciones analíticas de las muestras de abastecimiento	115



1.- INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio específico para los años 2006 a 2008, firmado entre la Excma. Diputación Provincial de Málaga y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), y prorrogado durante el año 2009 se ha realizado una serie de trabajos de apoyo científico-técnico en materia de hidrogeología, geología y divulgación hidrogeológica en el territorio de la provincia de Málaga. Estos trabajos contemplan una serie de actividades, cuyos objetivos se detallan a continuación, que han permitido actualizar y poner en valor la información geológica e hidrogeológica de esta provincia.

Equipo de trabajo

El equipo de trabajo que ha participado en alguna de las actividades del Convenio es el siguiente:

Diputación de Málaga:

Responsables del convenio (Diputación de Málaga):

Antonio Blanco Cueto

Miguel Esteban Martín Montero

Supervisor (Diputación de Málaga):

Jose Antonio Villalva Verdugo

Equipo técnico de trabajo (Diputación de Málaga):

M^a Teresa Jimenez Navarro

Instituto Geológico y Minero de España

Responsable y coordinador del convenio (IGME):

Juan José Durán Valsero

Equipo técnico de trabajo (IGME):

Alfredo García de Domingo
Raquel Morales García
Loreto Fernández Ruiz
Amalia de Mera Merino
África de la Hera Portillo
Leticia Vega Martín

Unidad Asociada UMA-IGME

Francisco Carrasco Cantos
Bartolomé Andreo Navarro

Agradecimientos

A todos los colaboradores del Instituto Geológico y Minero de España, Diputación de Málaga, Universidad de Málaga y otras entidades y empresas que han realizado trabajos en las diferentes actividades del Convenio, en especial en la realización del Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga.

2.- OBJETIVOS

Los objetivos establecidos al comienzo del convenio se agruparon en cinco actividades:

- Actividad 1.- Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga

El objetivo principal de esta actividad no es solo actualizar la información hidrogeológica contenida en el anterior Atlas (publicado en el año 1988), sino incorporar el concepto del ciclo único del agua, donde la componente subterránea y superficial se complementan, así como otros aspectos relacionados con el valor histórico-cultural, ambiental y lúdico de las aguas subterráneas. El Atlas recoge los principales trabajos relacionados con las aguas subterráneas, incorporando la actual infraestructura de abastecimiento urbano existente en la provincia, referida a cada término municipal, detallando las características geográficas, socio-económicas, edafológicas y también geológicas de la provincia de Málaga, prestando especial atención a los aspectos que signifiquen una mejora en la conservación y protección del medio hídrico, al igual que a los aspectos que relacionan el agua y el medioambiente.

- Actividad 2.- Sistema de Información de Aguas Subterráneas (SIAS) de la provincia de Málaga

Este sistema informático consiste en relacionar la información hidrogeológica, estructurada y codificada de acuerdo a un modelo de datos establecidos. El sistema informático incluye una serie de aplicaciones que facilitan la consulta y análisis de esa información.

Es una aplicación dirigida a un usuario final, con perfil de técnico hidrogeólogo sin grandes conocimientos informáticos.

El Sistema de Información del agua Subterránea (SIAS), está desarrollado sobre el SIG ArcGis.

- Actividad 3.- Libro divulgativo sobre el “Agua Subterránea en la cultura, el paisaje y el medioambiente en la provincia de Málaga”.

Este libro trata sobre los aspectos socioculturales y ambientales relacionados con el agua subterránea en el territorio provincial malagueño.

- Actividad 4.- Mapa geológico provincial a escala 1:100.000

Este Mapa geológico es un documento de síntesis de la cartografía geológica MAGNA a escala 1:100.000 actualizado, con leyenda única, en formato digital y continuo.

- Actividad 5.- Asesoramiento permanente en temas relacionados con la Geología Aplicada a demanda de la Diputación de Málaga.

El asesoramiento trata principalmente sobre:

- Abastecimientos a núcleos urbanos
- Calidad de las aguas subterráneas usadas para abastecimiento



3.- RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Actividad 1. Atlas Hidrogeológico de la provincia de Málaga

Fases de trabajo

- Estructuración y contenido del Atlas.
- Organización de los trabajos, estableciéndose un equipo de redacción.
- Tramitación administrativa para el tratamiento de los textos y material gráfico.
- Elaboración de la cartografía provincial en formato digital.
- Preparación de formatos de salida.
- Obtención de datos.
- Redacción del atlas.
- Maquetación y edición.

Síntesis de la actividad

El Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga se presentó en un acto público celebrado en el año 2007 (Fig. 1). El Atlas recoge los aspectos, dentro del ámbito provincial, relacionados con el agua subterránea y su interacción con el medio físico: características geográficas, socio-económicas, edafológicas y geológicas. Se presta también especial atención a los aspectos que significan una mejora en la conservación y protección del medio hídrico, al igual que a los que relacionan el agua y el medio ambiente.

La estructura de la publicación se ha organizado en tres tomos temáticos que conservan la identidad general del proyecto:



Fig. 1.- Portada del Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga

Tomo I: Territorio y agua. Infraestructuras hidráulicas y aguas subterráneas en los municipios de la provincia de Málaga.

Los apartados que constituyen esta sección, corresponden al medio físico, socioeconómico, hidrología, hidrogeología, uso, gestión y calidad de las aguas subterráneas. Un bloque temático completo está dedicado a la descripción de las infraestructuras de agua de todos y cada uno de los municipios de la provincia de Málaga.



Fig 2.- Portada del tomo 1 del Atlas hidrogeológico de Málaga

Este primer tomo (Fig. 2) de 295 páginas, se ha subdividido en dos partes y en 21 capítulos e incluyen mapas, tablas, esquemas, diagramas, fotografías y texto.

Tomo II: Caracterización hidrogeológica de las masas de agua subterránea

En este tomo se describen las características hidrogeológicas de las treinta y cuatro masas de agua subterránea delimitadas en la provincia. De cada masa de agua subterránea se describe su situación geográfica, sus características climáticas, sus rasgos geológicos, sus características hidrogeológicas y principales acuíferos, sus zonas de recarga y descarga y los principales puntos de inventario del acuífero. Incluye un mapa hidrogeológico y varios cortes.

Incluye mapas, diagramas, cortes hidrogeológicos, esquemas, fotografías y textos. Este tomo consta de 220 páginas (Fig. 3).



Fig 3.- Portada del tomo 2 del Atlas hidrogeológico de Málaga

Tomo III: Valor histórico-cultural, ambiental y lúdico de las aguas subterráneas

En la primera parte de este tomo se describe la historia del uso del agua en la provincia, los tipos de captaciones, los acueductos. En la segunda parte se explica la vertiente ambiental de las aguas subterráneas. En concreto, los espacios naturales protegidos, los humedales, el patrimonio hidrogeológico, las principales cavidades kársticas, la vulnerabilidad y la contaminación, las redes de control, los riesgos y el impacto sobre las aguas subterráneas del cambio climático. En la tercera y última parte se describen otras características de las aguas subterráneas: aguas minerales, aguas minero-medicinales, generación de energía, geotermia y aspectos lúdicos relacionados con el agua subterránea, tales como campos de golf, uso recreativo, deportes acuáticos y educación-divulgación.



Fig 4.- Portada del tomo 3 del Atlas hidrogeológico de Málaga

Este tomo, con 187 páginas (Fig. 4), incluye un Mapa Hidrogeológico de la provincia de Málaga a escala 1:200.000.

Acompaña a estos tres tomos un DVD/CD-ROM del documento, con navegación interactiva.



3.2. Actividad 2. Sistema de Información de Agua Subterránea (SIAS) de la provincia de Málaga

Fases de trabajo

- Definición del universo de la información que deben integrarse en el sistema como entidades puntuales, lineales y areales. La información integrada es tanto hidrogeológica como auxiliar o complementaria en trabajos de cartografía, investigación e ingeniería hidrogeológica.
- Recopilación, chequeo y contraste de la información.
- Creación, selección e implementación de coberturas puntuales, lineales y areales.
- Definición, captura, grabación e implementación de tablas con la información auxiliar.
- Diseño y elaboración de la aplicación de usuario sobre ArcView. Definición y programación de funcionalidades.
- Instalación en la Diputación de Málaga de la aplicación para su comprobación.
- Validación de la aplicación y puesta en funcionamiento del programa.
- Implementación de la aplicación.
- Desarrollo de los métodos y vías de difusión de la aplicación.

Síntesis de la actividad

El SIAS, Sistema de Información de Aguas Subterráneas, integra y pone a disposición de los usuarios las bases de datos de aguas subterráneas institucionales de carácter puntual, así como las bases de datos espaciales geológicas y temáticas del IGME en formato digital de más reciente creación, que se encuentran en soportes y sistemas diversos.



Se ha incorporado la siguiente información:

Información areal

- Formaciones hidrogeológicas definidas según su litología, edad y permeabilidad.
- Sistemas acuíferos entendidos como dominio espacial, en superficie y profundidad.
- Unidades hidrogeológicas.
- Cuencas hidrográficas.
- Zonas de interés hidrogeológico, tales como humedales, zonas de emergencia, etc.
- Documentación complementaria: términos municipales, hojas 1:50.000, etc.
- Imágenes georreferenciadas: fotografías aéreas, imágenes de satélite, ortofotos, etc.

Información puntual

- Abastecimientos urbanos.
- Inventario de puntos acuíferos.
- Inventario de focos de contaminación.
- Estaciones meteorológicas.
- Red foronómica.
- Estaciones de control de calidad de aguas superficiales.
- Puntos de interés hidrogeológico: manantiales de descarga.



Otro tipo de información

- Fotografías, croquis, columnas estratigráficas, etc.

Esta información se ha organizado en capas o coberturas georreferenciadas asociadas, cada una de ellas, a sus correspondientes tablas de características y atributos de interés para cada tema.

Las funcionalidades incorporadas al sistema son:

- Realización de zooms.
- Selección condicionada de todas las entidades puntuales.
- Obtención de tablas de información seleccionadas.
- Realización de gráficos de evolución. Piezometría, calidad, pluviometría, temperatura, caudales.
- Realización de gráficos de representación de la calidad.
- Ajustes de funciones de distribución.
- Obtención de tablas de datos para fechas determinadas con generación de isocurvas.
- Menú de visualización de intercalados ligados a entidades puntuales.
- Obtención de mapas hidrogeológicos y derivados a diferentes escalas de forma automática.

3.3. Actividad 3. Libro divulgativo sobre el “agua subterránea en la cultura, el paisaje y el medio ambiente en la provincia de Málaga”.

Fases de trabajo

- Organización y estructuración de los trabajos.
- Definición de contenidos a tratar.
- Selección de autores para cada tema, entre los especialistas de la materia.
- Redacción completa de los capítulos.
- Realización y recopilación del abundante material fotográfico que acompaña a esta publicación.
- Puesta en común de los distintos capítulos elaborados y preparación de la versión final.
- Maquetación y edición.
- Presentación pública, en un acto llevado a cabo por la Diputación Provincial el día 4 de junio del 2009.

Síntesis de la actividad

El libro se ha titulado definitivamente “Málaga en el agua” (Fig. 5).

NIPO: 474-09-012-9

ISBN: 978-84-7840-794-1

Consta de 272 páginas agrupadas en 64 capítulos, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Fósiles del aguas.
- El Torcal de Antequera.
- Lagunas de Archidona.
- Manantiales frente a Nerja.

- Meandro del Guadalhorce.
- Las cuevas del agua.
- Las termas romanas de San Pedro.
- Los baños árabes de Ronda.
- El agua y los Galvez. Macharaviaya.
- Molinos malagueños.
- El agua en los Montes de Málaga.
- Pozos con historia.
- Carratraca, un balneario de leyenda.
- Agua santa, fuentes que curan.
- La fuente sagrada. Fuente de Piedra.
- Istán, pueblo del agua.
- Pozos de nieve en la Sierra de las Nieves.
- La laguna que no esta: laguna de Herrera.
- La fuente de los Cien Caños, el nacimiento del Guadalhorce.
- La Galería de Guaro.
- Fiestas del agua.
- Agua y vino.
- Poesía y agua. Emilio Prados.
- Flamenco y agua.
- Agua envasada.
- Agua desalada. Desaladora de Marbella.
- Aguas depuradas.
- Cambio climático: agua del futuro.
- Ganfornina, pintor del agua.
- Firmas del agua.

Esta publicación incluye numeroso material gráfico y pretende ser, según el coordinador, un “libro diferente” que busca, desde una manera rigurosa y amena, otra forma de ver el agua, en la historia, el territorio, la cultura y el medio ambiente malagueño.



Fig. 5. Portada del libro Málaga en el agua

3.4. Actividad 4. Mapa Geológico provincial a escala 1:100.000

Fases del trabajo

- Recopilación de información cartográfica, recuperación de archivos digitales.
- Homogenización de la información geológica tanto la procedente de la cartografía MAGNA a escala 1:50.000 como otras cartografías más actualizadas.
- Case entre distintas hojas que componen este mapa.
- Confección de la leyenda geológica única, a escala 1:100.000 de la provincia de Málaga.
- Tratamiento informático de la cartografía.

- Edición del mapa.

La cartografía geológica base es la elaborada recientemente para el proyecto GEODE en esta provincia. Esta cartografía está realizada en formato digital, en continuo. Incluye un margen de solape de 500 metros con las provincias limítrofes de Granada, Córdoba, Sevilla y Cádiz.

Esta cartografía se ha actualizado incluyendo nuevos afloramientos e incorporando los nuevos modelos geológicos de la Cordillera Bética. Así se han representado, por primera vez, el Complejo Caótico Subbético y la Unidad Olistostómica, cuyos afloramientos estaban cartografiados anteriormente como Triásico superior. Además, se han incorporado otros cambios estructurales y geológicos que han provocado importantes modificaciones cartográficas.

Para completar este mapa, se ha realizado una leyenda geológica única de esta provincia que integra todos los términos cartografiados situados en su dominio paleogeográfico (Fig. 6).

LEYENDA

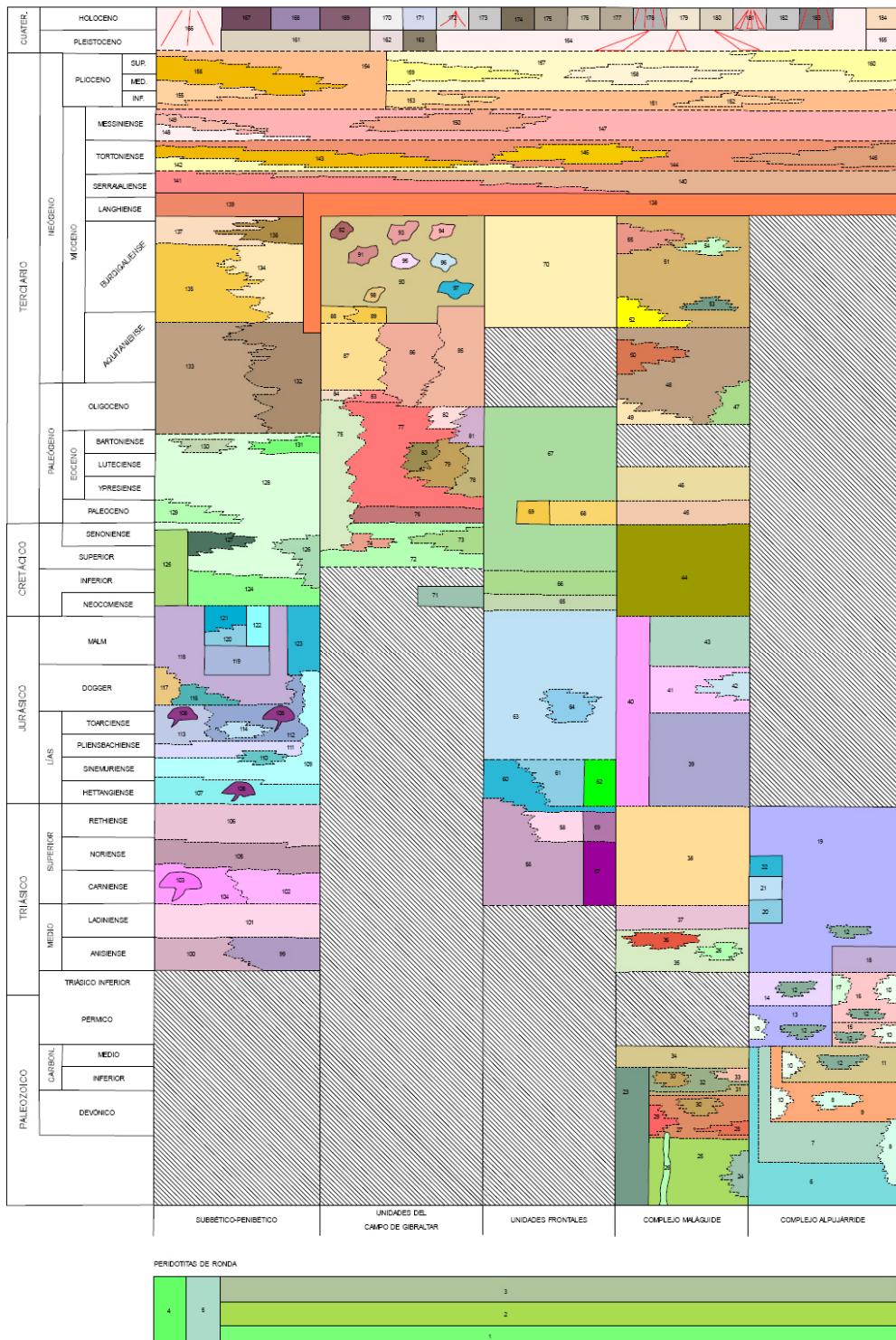


Fig. 6.- Leyenda del Mapa Geológico a 1:100.000 de la provincia de Málaga

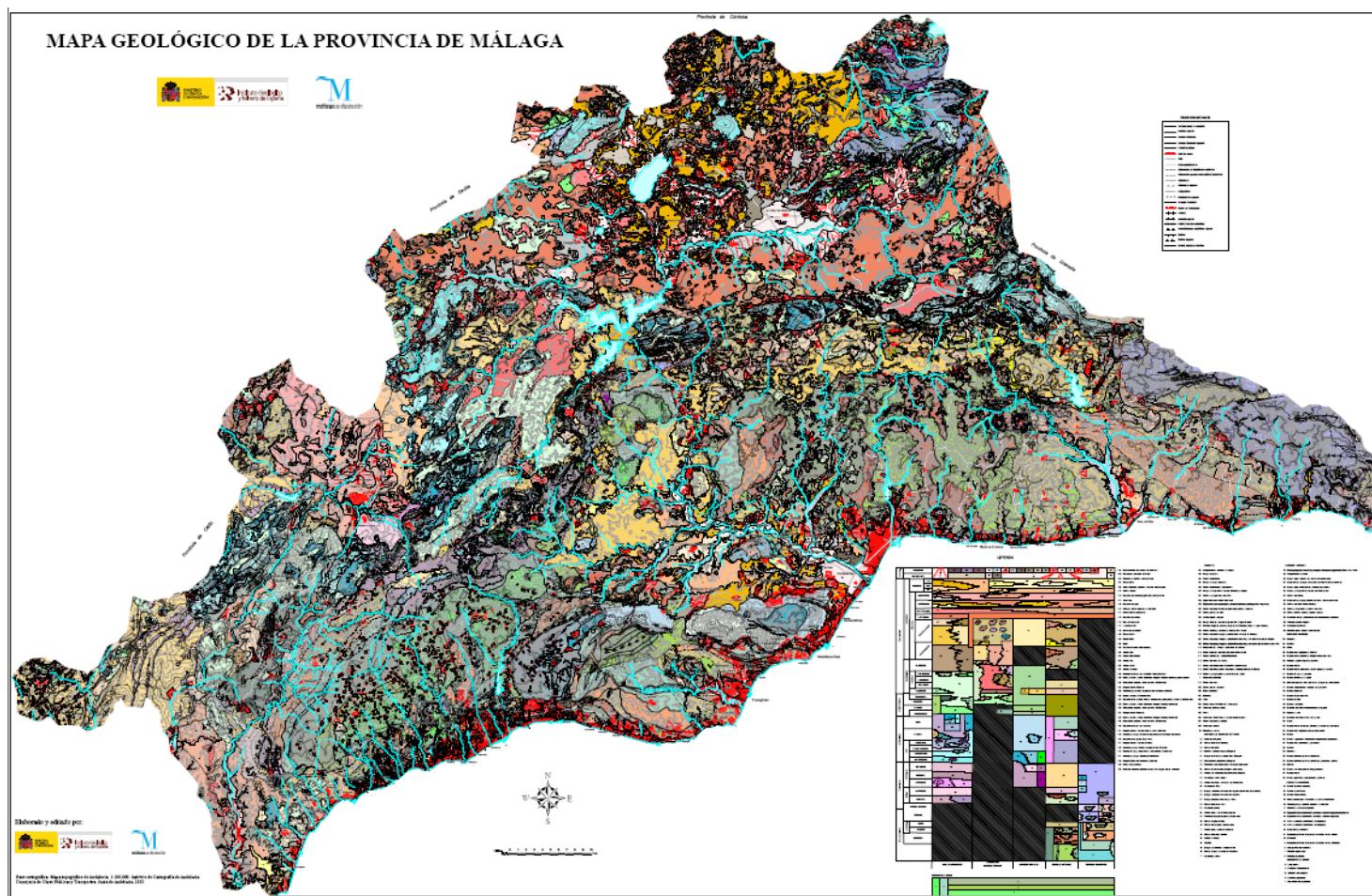


Fig 7.- Mapa geológico de la provincia de Málaga a escala original 1:100.000

Esta cartografía se ha presentado como un mapa único (Fig. 7) y en un formato más optimizado, representado en 16 hojas a tamaño A-3, formando un conjunto más práctico para consultar en los trabajos de campo.

3.5. Actividad 5. Asesoramiento permanente en temas relacionados con la geología aplicada

Dentro de esta actividad se ha realizado las siguientes actuaciones:

Características hidroquímicas de los abastecimientos con agua subterránea de la provincia de Málaga

En una primera fase de trabajo se ha establecido una red de muestreo de aguas subterráneas teniendo en cuenta los puntos de toma para abastecimientos a las poblaciones y las Masas de Agua Subterráneas (M.A.S.) establecidas por las dos Confederaciones Hidrográficas que gestionan en esta provincia. Esta red de muestreo permite establecer las características hidroquímicas naturales del agua de abastecimiento y controlar las posibles variaciones que se produzcan motivadas por la explotación de estos recursos y con los cambios en las condiciones ambientales.

Esta red se ha establecido en 88 puntos de muestreo distribuidos por toda la provincia. La relación de municipios abastecidos con aguas subterráneas y que se controla es la siguiente:

Localidad abastecida

Masa de Agua Subterránea

ALAMEDA	060-034
ALCAUCIN	060-064
ALFARNATE	060-029
ALFARNATEJO	060-029
ALHAURIN DE LA TORRE	060-038
ALHAURIN DE LA TORRE	060-037
ALHAURIN EL GRANDE	060-038
ALMARGEN	060-041
ALMOGIA	060-065
ALMOGÍA	060-032
ALORA	060-037
ALOZAINA	060-046
ALPANDEIRE-FARAJAN-ATAJATE	060-045
ANTEQUERA	060-033
ANTEQUERA	060-032
ARCHIDONA	060-030
ARDALES	060-046
ARRIATE	060-042
BENALAURIA-BENADALID	060-047
BENALMADENA	060-038
BENAMARGOSA	060-027
BENARRABA	060-047
CAMPILLOS	060-041
CAMPILLOS	060-035
CANILLAS DE ACEITUNO	060-064
CANILLAS DE ALBAIDA	060-024
CAÑETE LA REAL	060-041
CAÑETE LA REAL (LA ATALAYA)	050-062
CARRATRACA	060-046
CARTÁJIMA	060-045
CASABERMEJA	060-031
CASABERMEJA-COLMENAR	060-031
CASARABONELA	060-046
CASARES	060-040
COIN	060-067
COMPETA	060-063
CORTES DE LA FRONTERA-JIMERA DE LIBAR	060-044
CUEVAS BAJAS	060-033
CUEVAS DE SAN MARCOS	050-051
CUEVAS DEL BECERRO	060-043

CUTAR	060-065
EL BURGO	060-043
FARAJAN	060-046
FRIGILIANA	060-063
GAUCIN	060-047
GUARO	060-067
HUMILLADERO	060-034
IGUALEJA	060-046
ISTAN	060-067
MACHARAVIAYA	060-065
MARBELLA	060-067
MARBELLA	060-040
MIJAS	060-039
MIJAS	060-038
MOLLINA	060-034
MONDA	060-067
MONTEJAQUE-BENAOJAN	060-044
NERJA	060-063
OJEN	060-067
PERIANA	060-025
PERIANA	069-029
PIZARRA	060-037
RIOGORDO	060-029
RONDA	060-048
RONDA (MONTECORTO)	050-062
RONDA (SERRATO)	060-043
SALARES	060-065
SERRATO	060-043
SIERRRA YEGUAS	050-041
TEBA	060-041
TEBA	060-035
TOTALAN	060-065
VALLE DE ABDALAJIS	060-036
VALLE DE ABDALAJIS	060-032
VILLANUEVA DE ALGAIDAS	050-051
VILLANUEVA DE TAPIAS	060-030
VILLANUEVA DEL ROSARIO	060-031
VILLANUEVA DEL TRABUCO	060-031
VILLANUEVA DEL TRABUCO	060-028

Cada M.A.S. se ha muestreado en varios puntos, todos ellos de abastecimiento a poblaciones, con el objetivo de determinar sus variaciones espaciales. Se han realizado dos tomas de muestras, por cada punto de agua de abastecimiento investigado, en diferentes periodos del año. La toma de muestras en ciclo húmedo

se realizo entre febrero de 2008 y mayo de 2008. El muestreo en ciclo seco se realizó entre el mes de septiembre y el de diciembre del año 2008.

En total se han tomado 174 muestras de agua para análisis químicos. Los análisis han sido realizados por el Laboratorio del Instituto Geológico y Minero de España desde enero de 2009 hasta diciembre de 2009. Se ha analizado los siguientes elementos: DQO, Cl, SO₄, CO₃, NO₃, Na, Mg, Ca, K, pH, C.E., R.S.180°, NO₂, NH₄, PO₄, SiO₂ y F. Como elementos metálicos se han analizado los siguientes: Be, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Hg, Tl, Pb, Th, y U.

Los valores de estos análisis se han tratado mediante el programa informático INAQUAS.

Este programa es una aplicación, en formato Excel, para la ayuda en la interpretación de análisis químicos de aguas subterráneas destinadas al consumo humano, el envasado, al uso industrial o al riego.

Esta aplicación permite, además del almacenamiento ordenado de los datos analíticos, la elaboración de todos los gráficos de uso frecuente en análisis hidroquímico y de calidad, realizar cambios de unidades, hacer el cálculo de índices e indicadores, construir tablas de comparación con la legislación que regula la calidad del agua y exportar a formatos que otros programas de interpretación de análisis emplean como entrada de información.

Muestra	Fecha	Calidad para consumo																					
		NO ₃	NO ₂	NH ₄	Cl	pH	Na	SO ₄	As	B	Cd	CN	Cu	Cr	F	Hg	Ni	Pb	Se	Al	Fe	Mn	Ox
60-046 FARAJ-1	22/03/2008	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
60-033 ANT-1	26/03/2008	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
60-027 BENAMAR-1	26/03/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
60-029 ALFTE-1	13/03/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-029 ALFTJO-1	13/03/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-063 COM-1	10/04/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-036 VAB-1	16/04/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-028 VTR-2	15/04/2008	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4
60-067 GUA-1	24/04/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
60-034 MUJ-1	24/04/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-038 BEN-2	23/04/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-037 ALOR-1	20/05/2008	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	8
60-065 ALM-2	30/04/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
60-051 CSMARC-1	08/05/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
60-040 MARB-2	29/05/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
60-041 ALMA-1B	23/09/2008	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5
60-042 ARR-1B	23/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
60-043 SERR-1B	23/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
60-043 CBEC-1B	23/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
60-044 JIML-1B	24/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
60-044 MONT-1B	24/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
60-041 CAMP-1B	23/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
60-031 CASABER-1B	25/09/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
60-034 ALAM-1B	25/09/2008	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
60-037 ALOR-1B	21/10/2008	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
60-038 VAB-1B	21/10/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
60-063 COM-1B	15/10/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
60-033 CBAJ-1B	09/10/2008	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9
60-033 ANT-1B	09/10/2008	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fig 8.- Abastecimientos con anomalías químicas

Este programa ha determinado anomalías (Fig. 8) en los abastecimientos de Faraján, Antequera 1, Benamargosa, Alfarnate, Alfarnatejo, Cómpeta, Valle de Abdalajís 1, Villanueva del Trabuco 2, Guarro, Mijas, Benalmádena 2, Almogía, Almargen 2, Cuevas de San Marcos, Marbella 2, Alameda, Álora, Valle de Abdalajís y Cuevas Bajas.

La mayor parte de estas anomalías son consecuencia del alto contenido en Fe.

Abastecimientos a núcleos urbanos.

Almargen

Se ha realizado un estudio hidrogeológico en esta localidad para el emplazamiento de un nuevo sondeo de abastecimiento, ya que el antiguo, sondeo Cabrerizo, mantiene un aumento progresivo en la concentración de Fe hasta alcanzar valores entorno a 500 µg/L en los últimos meses.

El nuevo sondeo se ha situado en las coordenadas UTM: X: 0319379 Y: 4095420 con una profundidad de 250 m. El estudio hidrogeológico para su emplazamiento se ha incluido en el Anexo I.

Las conclusiones de este estudio se resumen en lo siguiente:

- El agua del actual sondeo de abastecimiento a Almargen (sondeo Cabrerizo) contiene altas concentraciones de Fe.
- Estas altas concentraciones de Fe se observan en un sector muy definido situado en el Este y Norte del compartimento hidrogeológico de Almargen, en la M.A.S. de la Sierra de Cañete.
- En este sector se ha detectado una mezcla de aguas subterráneas procedentes unas de M.A.S. de Sierra de Cañete y otras de la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos.
- Esta mezcla provoca la precipitación de Fe y otros elementos posiblemente por procesos bacterianos y químicos.
- Dentro del Compartimento Hidrogeológico de Almargen (M.A.S. de Sierra de Cañete), el sector Oeste y Sur de este compartimento, mantiene las condiciones hidroquímicas originales (aparentemente sin procesos de mezcla con aguas subterráneas procedentes de la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos).
- El nuevo sondeo de abastecimiento a la localidad de Almargen, se ha situado en el sector definido en el punto anterior, en el que se mantienen, hasta este momento, las condiciones hidroquímicas originales de este compartimento.
- Este sondeo plantea problemas de perforación aproximadamente entre 50 y 200 m de profundidad, ya que se atraviesan materiales muy poco consistentes que se desmoronan y colapsan fácilmente como ha sucedido en el sondeo del IGME (2006), situado unos 1000 m al norte.

- Se considera necesario entubar el sondeo totalmente en PVC o acero inoxidable con el objetivo de paliar, en lo posible, la corrosión de la tubería de revestimiento.



Fig. 9 –Instalación de tubería galvanizada en el sondeo de Almargen

El nuevo sondeo, perforado en enero del 2009, ha obtenido caudales de explotación de 25 L/s, con descensos de nivel freático de unos 12 m. Las concentraciones de

Fe, en este sondeo, se encuentran dentro de los límites legales permitidos. (Fig. 9).

Benalauría

Se ha realizado un Informe Hidrogeológico para la implantación de un sondeo de abastecimiento a esta localidad situada, desde el punto de vista hidrogeológico, en una zona de gran complejidad geológica.

El sondeo se ha situado en las coordenadas UTM: X: 0295823 Y: 4052135, con una profundidad de 250 m.

Las conclusiones de este estudio indican:

- En la Sierra de Benadalid se han identificado dos compartimentos hidrogeológicos, posiblemente sin conexión hidráulica entre ellos.
- En el compartimento hidrogeológico septentrional (compartimento de Benadalid), no se ha observado ningún emplazamiento, dentro del término municipal de Benalauría, que permita situar un sondeo con el objetivo de explotar, con ciertas garantías, este compartimento.
- El nuevo sondeo se ha situado en el compartimento hidrogeológico meridional (Compartimento Benalauría-Algatocín), y dentro del término municipal de Benalauría.

El nuevo sondeo perforado en enero de 2009 (Fig. 10) ha obtenido caudales de explotación del orden de 1,2 L/s con descensos del nivel de unos 30 m. Este sondeo, aunque ha cubierto los objetivos planteados, no ha encontrado un tramo lo suficientemente permeable que permita su explotación con mayores caudales. No obstante, se ha instalado una bomba lo más próximo al fondo del sondeo, para su explotación. El estudio hidrogeológico completo de este emplazamiento se ha incluido en el Anexo II.



Fig. 10.- Perforación del sondeo de Benalauría

Alameda

Se ha realizado un Informe Hidrogeológico para el emplazamiento de un nuevo sondeo para el abastecimiento a la localidad de Alameda. Los pozos de abastecimiento actuales a esta localidad han puesto de manifiesto la presencia, entre otros, de altos contenidos de cloruros, sulfatos y hierro, además de presentar caudales escasos, en alguno de ellos. Los altos valores de cloruros y sulfatos son debidos a la intrusión de agua salina, procedente de los acuíferos karstificados yesíferos-salinos inferiores.

Este sondeo se ha situado en las coordenadas UTM: X: 0351647 Y: 4118296. Las conclusiones más importantes de este informe son las siguientes:

- El agua del actual sondeo de abastecimiento a Alameda contiene, fundamentalmente, altas concentraciones de cloruros y sulfatos.
- Estas altas concentraciones de cloruros y sulfatos son debidas a la mezcla del acuífero carbonatado, que contiene agua dulce, con aguas procedentes del acuífero del Complejo Caótico Subbético, que contiene agua salada.
- El agua salada, dentro del acuífero, se encuentra emplazada por debajo del agua dulce perfilando una geometría lenticular.
- El sondeo se emplazó en el sector central del bloque donde el agua dulce debe de tener más espesor, teniendo en cuenta las condiciones establecidas para la profundidad del sondeo.
- Aunque no se esperaban problemas de perforación, se indicó que los niveles de dolomías masivas pueden provocar desprendimientos durante la misma.
- Se indicó que la explotación debe realizarse mediante caudales mínimos, establecidos en el ensayo de bombeo, con el objetivo de no provocar la entrada de agua salada situada en los tramos inferiores del acuífero.
- Durante la perforación se recomendó como necesario tomar muestras de agua del sondeo con el objetivo de conocer en profundidad las variaciones de la conductividad en las aguas del acuífero.
- Se consideró necesario entubar el sondeo totalmente en PVC o acero inoxidable con el objetivo de paliar, en lo posible, la corrosión de la tubería de revestimiento.
- Se indicó la necesidad de establecer un régimen de bombeo que no provoque la entrada de agua salada en el acuífero.

En los análisis de las muestras de agua obtenidas durante la perforación del sondeo no se detectaron altas concentraciones de Cl y Na. No obstante, las muestras analizadas en el último escalón del ensayo de bombeo, explotando 20 L/s, con descensos de 6 m del nivel freático, detectaron concentraciones altas de Cl. Posiblemente, esta intrusión sea debida a los altos caudales ejecutados en el ensayo de bombeo. Con caudales de explotación más pequeños, es posible que no se produzca intrusión salina. Actualmente, este sondeo se va a instalar para comenzar su explotación. El estudio hidrogeológico completo para su emplazamiento se ha incluido en el Anexo III.



Fig 11.- Perforación del sondeo de Alameda

Otras actuaciones

Se han realizado visitas a las localidades de Jímera de Libar, Teba y Colmenar por problemas hidrogeológicos que se resolvieron con visitas al campo y no fue necesario realizar informe.

4. Conclusiones

Los objetivos de este Convenio entre la Excm. Diputación de Málaga y el Instituto Geológico y Minero de España se han cubierto ampliamente con las actuaciones realizadas.

Actividad 1. El objetivo de esta actividad quedó cumplido con la realización del Atlas Hidrogeológico de la provincia de Málaga, editado en tres tomos con un total de 702 páginas. Este atlas contiene abundante material gráfico que muestra las características hidrogeológicas de esta provincia.

Actividad 2. También se ha completado con la implantación del Sistema de Información de Agua Subterránea de la provincia de Málaga. Esta aplicación informática ha quedado incorporada y funcionando en los ordenadores de la Diputación de Málaga.

Actividad 3. Se concretó en la realización de un libro divulgativo titulado “Málaga y el agua”, editado en el año 2009 con 272 páginas (NIPO: 474-09-012-9 e ISBN: 978-84-7840-794-1).

Actividad 4. El Mapa Geológico de la provincia de Málaga a escala 1:100.000 se ha realizado y editado en el año 2009. El mapa está realizado según la cartografía geológica del Proyecto GEODE, incorporando una leyenda única para toda la provincia, cumpliendo los objetivos establecidos para esta actividad.

Actividad 5. Se ha asesorado a la Diputación en el emplazamiento de tres sondeos para el abastecimiento de las localidades de Almargen, Benalauría y Alameda. Los sondeos de Almargen y Benalauría cumplieron los objetivos propuestos. El sondeo

de Alameda, aunque en los controles de conductividad, durante su realización, proporcionaron valores admisibles próximos a 1.000 µS/cm, en el último escalón del ensayo de bombeo, la conductividad medida fue de 1.800 µS/cm. Este valor puede relacionarse con una deficiente toma de la muestra o con caudales de ensayo excesivos que favorecen la entrada de agua salobre procedente del inferior del acuífero.

Respecto a la calidad de los abastecimientos de la provincia de Málaga con agua subterránea, se han tomado y analizado 174 muestras, encontrándose 18 abastecimientos con anomalías hidroquímicas.

El seguimiento periódico del muestreo de estas anomalías se considera necesario para establecer el origen de las mismas, calibrar su incidencia y controlar sus variaciones.

ANEXO I
ABASTECIMIENTO A ALMARGEN

INFORME GEOLOGICO PARA EMPLAZAMIENTO DE NUEVO SONDEO EN ALMARGEN (MALAGA)

1- OBJETO

El objeto del presente estudio es localizar un emplazamiento adecuado, desde el punto de vista hidrogeológico, para realizar un sondeo de explotación de aguas subterráneas, con el fin de mejorar del abastecimiento a la localidad de Almargen (Málaga).

La población actualmente se abastece desde el sondeo denominado Cabrerizo, situado en la Sierra del Almargen, dentro de su término Municipal. Este sondeo presenta graves problemas de calidad debido a la alta concentración en hierro de sus aguas.

El trabajo realizado para situar este emplazamiento, tanto desde el punto cuantitativo como cualitativo, ha consistido en la realización de este estudio hidrogeológico y una campaña analítica realizada en numerosos puntos de agua del entorno.

2.- ANTECEDENTES

Según información facilitada por el propio Ayuntamiento de Almargen, el esquema actual del abastecimiento de aguas, en el núcleo urbano, presenta las siguientes características:

El núcleo de Almargen se ha venido abasteciendo tradicionalmente desde un sondeo existente en el paraje Majorrego (sondeo Majorrego 1), localizado dentro de su término municipal, en las inmediaciones de la carretera que une Almargen con Cañete la Real. Dicho sondeo, con unos 60 m de profundidad, data de los años 1970, agotándose totalmente debido a un descenso en el nivel piezométrico del acuífero aproximadamente en 1990.

Para salvar la situación, en el año 1995 se realiza otro sondeo en las inmediaciones del anterior pero a mayor profundidad (pozo Majorrego 2), con el objeto de aumentar la potencialidad hidrológica del mismo y poder cubrir la demanda existente. No obstante aunque con este sondeo se obtuvo caudal suficiente, éste presentaba problemas de calidad debido a altas concentraciones de sulfatos y cloruros, así como presencia de color y olor, que lo hacían no apto para su explotación como aguas de consumo humano.

Ante los anteriores acontecimientos, y dada la existencia de un sondeo titularidad del IARA, en las proximidades del depósito regulador, (pozo Cabrerizo), el cual presentaba buenas condiciones tanto cualitativas como cuantitativas, la localidad de Almargen comienza a abastecerse de este último punto mediante la explotación del caudal necesario.

Este sondeo presenta las siguientes características:

Profundidad de la perforación: 200 m

Diámetro de la perforación: 400 mm

Profundidad del nivel piezométrico: 23 m

Profundidad de la bomba: 65 m

Potencia de la bomba: 50 CV

Caudal máximo extraído: 1300 m³/día

Acuífero explotado: acuífero carbonatado de la Sierra de Cañete

Cuenca Hidrográfica: Guadalhorce

El caudal explotado va a un depósito regulador de 1000 m³ de capacidad que se encuentra en las inmediaciones del sondeo anterior, en el paraje de la Majada de las Cañas, en el sector norte de la Sierra de Cañete.

El aumento de la demanda hídrica en el municipio unido al hecho de que la fuente de abastecimiento urbana no sea de titularidad municipal, determinan que en fecha 2005, el Ayuntamiento de Almargen plantee una fuente de suministro alternativa al objeto de garantizar el suministro hídrico a la localidad, ante posibles averías o problemas que pudieran afectar al sondeo explotado.

Paralelamente a este planteamiento aparece una problemática en la calidad de las aguas de este punto de suministro, presentando elevadas concentraciones en hierro que provocan gran alarma social al presentar elevada turbidez y coloración rojiza. Ante estos acontecimientos se lleva a cabo una importante campaña para la limpieza y acondicionamiento de captación, depósito y redes de distribución. Para resolver el problema planteado desde su origen se propone una doble solución: A) Ejecución de un nuevo sondeo de captación de aguas subterráneas, en un emplazamiento que garantice la calidad adecuada al consumo humano, siendo la búsqueda y determinación del mismo el objeto del presente estudio y B) Instalación de una planta de tratamiento para las aguas del sondeo Cabrerizo

3.- SITUACION GEOGRAFICA

El municipio de Almargen se localiza en la comarca del Guadalteba, al norte de la provincia de Málaga.

Se sitúa a 100 Km de distancia de Málaga capital, a una altitud de 510 m.s.n.m. La extensión del Término Municipal es de 34 Km².

Presenta una población de derecho de 2181 habitantes, concentrados en el propio núcleo de Almargen.

Sus datos exactos de localización son:

- Latitud: 37° 00' NORTE
- Longitud: 5° 01' OESTE

El acceso al núcleo puede realizarse por el norte, desde la carretera autonómica A- 384 (Cartagena-Jerez de la frontera), y por el Sur o a través de la carretera local MA-7404 que viene desde Cañete la Real (Fig. 1).

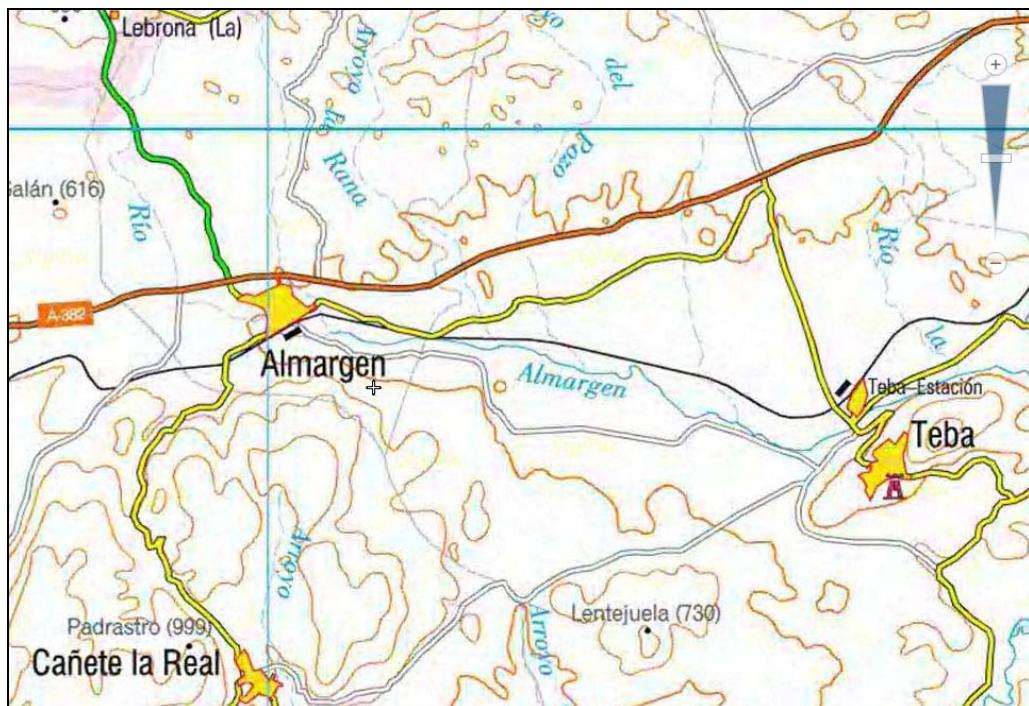


Fig. 1.- Plano de localización



4.- NECESIDADES HÍDRICAS

El núcleo de Almargen con una población de 2181 hab, para una dotación teórica de 300 l/hab/día, presenta una demanda de aguas para abastecimiento urbano de unos 654 m³/día.

5.- CARACTERÍSTICAS GEOLOGÍCAS

Desde el punto de vista geológico, el municipio de Almargen se sitúa al norte de la Sierra de Cañete.

Esta sierra queda emplazada en la Cordillera Bética, y en concreto en el dominio geológico del Penibético caracterizado por presentar en el Jurásico:

- En el Lías inferior (Jurásico) una serie formada por dolomías margosas en la base que pasan hacia techo a dolomías brechoides muy deleznables con intercalaciones de niveles de dolomías mas compactas. Hacia techo, este conjunto pasa a dolomías micríticas grises distribuidas en bancos de 1 m de espesor. El espesor de este conjunto dolomítico alcanza los 700 m. Es importante resaltar la alternancia existente entre niveles muy potentes de dolomías recristalizadas, menos consistentes y fácilmente deleznables alternantes con niveles más compactos y resistentes, con menor espesor, de dolomías micríticas, mas estructuradas. El contacto entre estos dos litologías es muy difícil de precisar ya que el proceso de dolomitización es secundario (diagenético) afectando a las rocas preexistentes de forma muy irregular dando lugar a contactos irregulares oblicuos a la estratificación.



- Sobre la serie dolomítica anterior se observa un conjunto formado por calizas, calizas dolomíticas, calizas oolíticas y calizas con sílex atribuidas al Lias medio-Dogger inferior, con un espesor que puede superar los 300 m.
- El Dogger superior esta constituido en esta zona por calizas margosas y margocalizas con sílex.

El Cretácico-Paleoceno de esta zona esta formado por margas y magocalizas.

En el límite meridional de esta sierra se observa un conjunto de materiales turbidíticos asociados al Complejo del Campo de Gibraltar. El límite septentrional esta constituido por un conjunto olistostrómico denominado regionalmente como Complejo Caótico Subbético, formado durante el Mioceno medio y constituido por una matriz de arcillas-sales y yesos, procedente de la resedimentación de materiales asociados a las Facies Keuper (Triásico superior); con bloques de tamaño muy variado, desde métrico a kilométrico, fundamentalmente de dolomías y calizas jurásicas, cuyo origen se atribuye casi exclusivamente al jurásico.

Por encima y discordante sobre la serie anterior, se observa un conjunto detrítico formado por calcarenitas y margosas del Mioceno superior y arenas, limos y arcillas del Cuaternario.

La estructura geológica de esta sierra, según la cartografía disponible de esta zona (Fig 2), constituye una antiforma de dos unidades tectónicas separados por materiales del Flysch del Campo de Gibraltar. Estas condicionantes indican la extremada complejidad estructural de esta sierra.

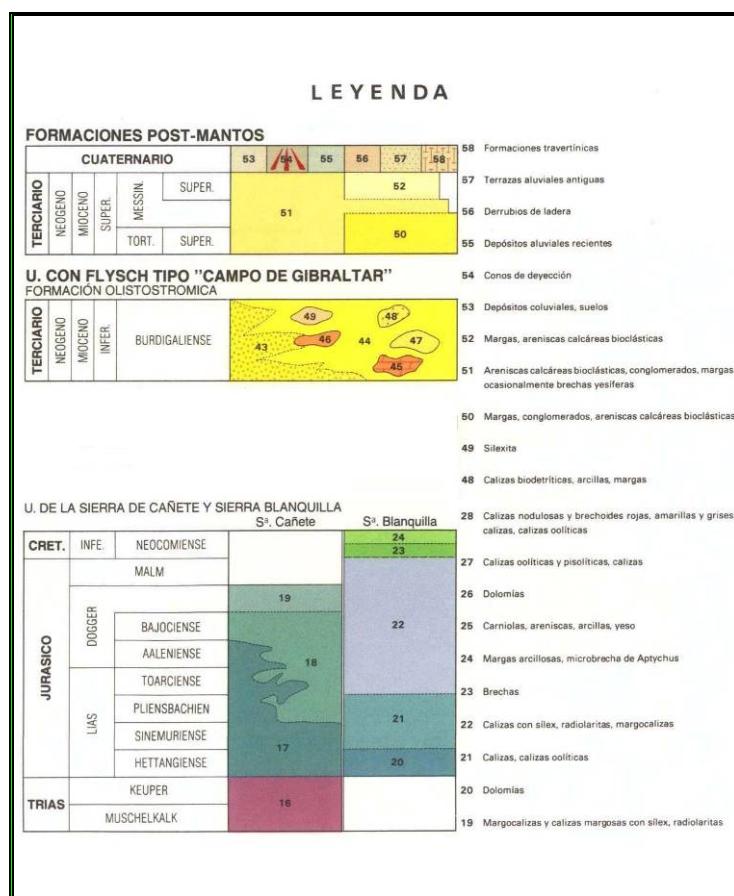
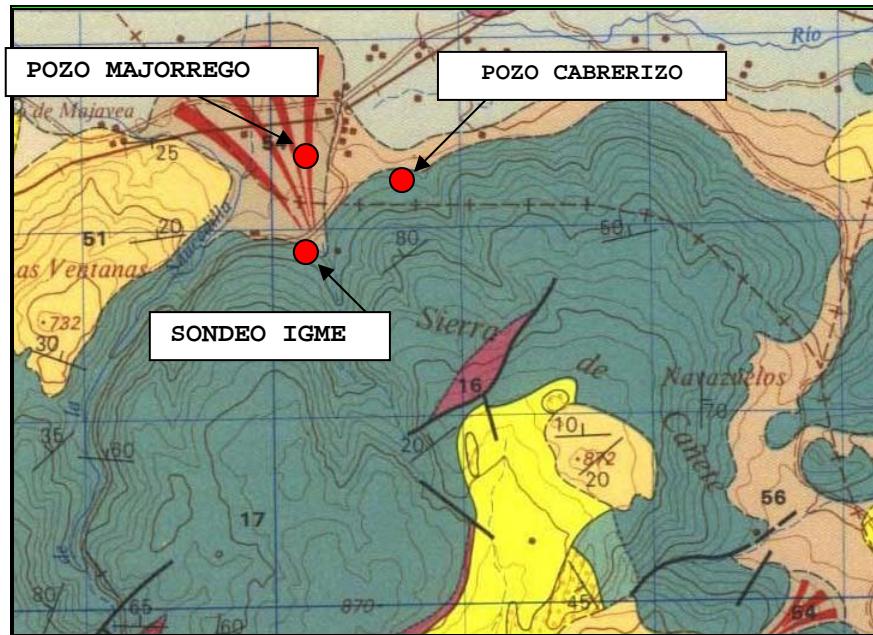


Fig 2.- Mapa Geológico a escala 1:50.000 (MAGNA) de la zona estudiada

6.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Los materiales acuíferos de esta región quedan incluidos en la Masa de Agua Subterránea denominada 060.041 (Sierra de Cañete) (Fig. 3) y en la M.A.S. 060.035 (Sierra de Teba-Almargen-Campillos) (Fig. 4).

El acuífero principal explotado en esta zona se encuentra incluido en la M.A.S. de la Sierra de Cañete constituido por las calizas y dolomías del Jurásico afectadas por una intensa fracturación y karstificación que les proporciona sus condiciones acuíferas. La intensa actividad tectónica que afecta a esta sierra ha condicionado la formación de varios comportamientos hidrogeológicos con complejas relaciones hidráulicas entre ellos.

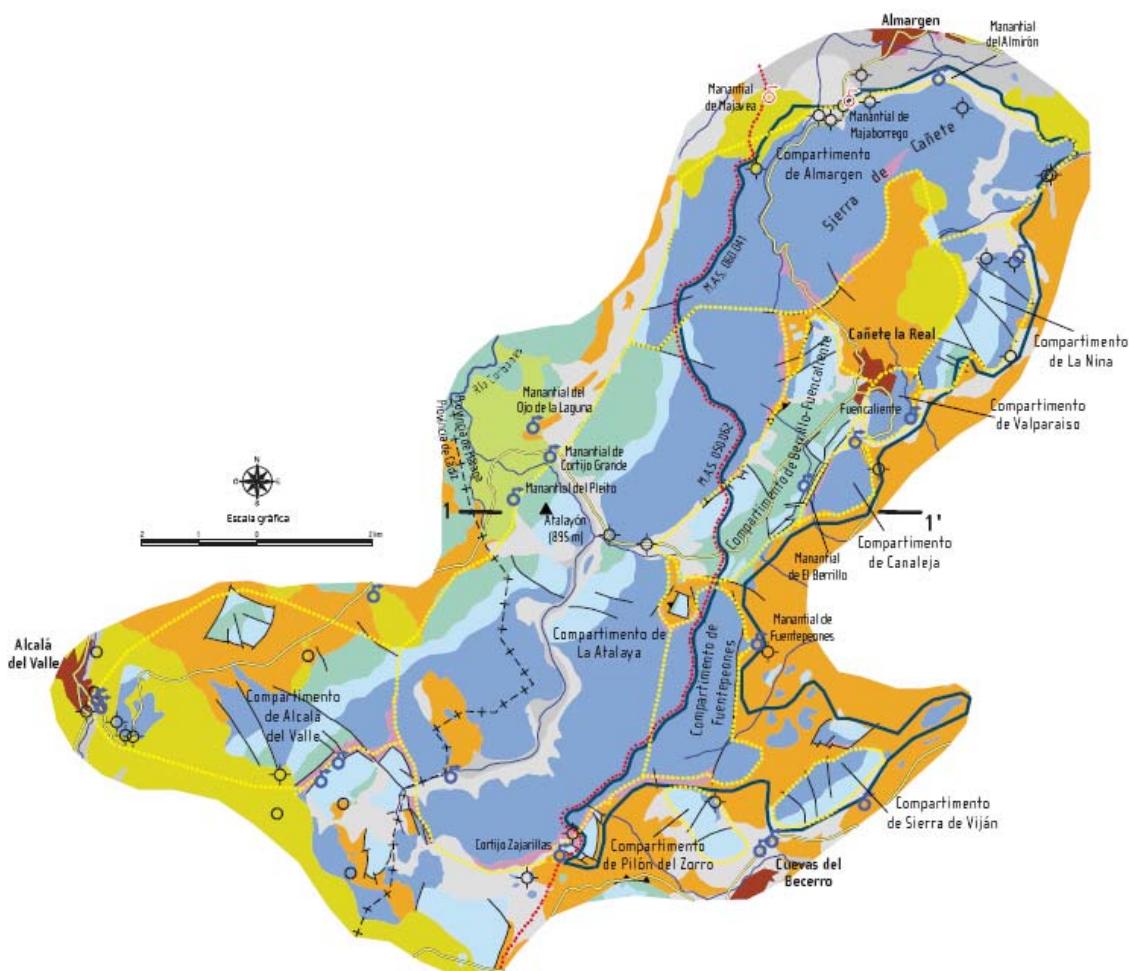
En el sector septentrional de esta M.A.S., en donde se sitúa la zona estudiada, se ha definido el compartimento de Almargen (Fig. 3), con una extensión de 18,8 km² cuya recarga se realiza, fundamentalmente, por el agua de lluvia mientras que la descarga se realiza, en régimen natural, hacia el norte por varios manantiales, entre ellos el de Majaveas con un caudal medio de 31 L/s, y subterráneamente hacia el acuífero Mio-Cuaternario de Teba-Almargen–Campillos.

Las aguas de este acuífero presentan unas facies hidroquímicas de tipo bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica con valores de conductividad del orden de 500 µS/cm.

Al norte de la M.A.S. de la Sierra de Cañete y en el límite septentrional del compartimento de Almargen se localiza la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos (Fig. 4). El acuífero mas importante, definido en esta masa de agua, es el formado

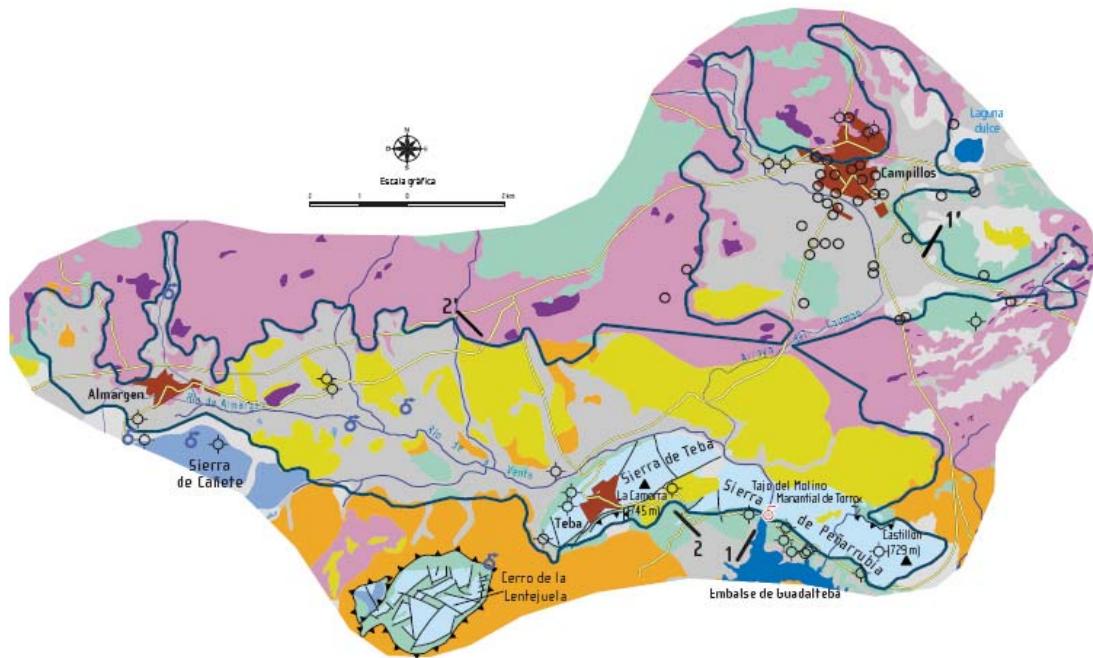
por los depósitos detríticos de arenas, calcarenitas y conglomerados del Mioceno superior-Cuaternario. La permeabilidad de estos materiales puede considerarse alta por porosidad intergranular.

Los valores de conductividad de este acuífero son muy altos, del orden de 11.000 µS/cm.



Leyenda		Litología	Permeabilidad
Edad			
Formaciones post-orogénicas		9 Travertinos	Alta
Cuaternaria	9	8	7
Mioceno Superior	6	Aluvial	Alta
Flysch			
Cretácico - Terciario		7 Indiferenciado	Media
5		6 Calcareitas, conglomerados y margas	Media
Zona Subbética			
Cretácico - Terciario		5 Arcillas y arenas	Muy baja
Malm	4	4 Margocalizas y margas	Baja
Dogger	3	3 Calizas	Muy alta
Lías	2	2 Dolomías	Alta
Triásico	1	1 Arcillas y yesos	Baja - Media

Fig 3. Cartografía Hidrogeológica de la M.A.S. Sierra de Cañete (Atlas Hidrogeológico de Málaga, 2006)



Leyenda		
Edad	Litología	Permeabilidad
Formaciones post-orogénicas		
Cuaternario	9 Aluvial	Alta
Mioceno Superior	7 Indiferenciado	Media
Flysch	7 Calcarenitos, conglomerados y margas	Media
Cretácico - Terciario	6 Arcillas y arenas	Muy baja
Zona Subbética	5 Margocalsizas y margas	Baja
Cretácico - Terciario	4 Calizas	Muy alta
Iasítico	3 Dolomías	Alta
Dogger	2 Calizas y dolomías	Media - Alta
Lias	1 Arcillas y evaporitas	Baja-Media
Triásico Keuper		

Fig 4. Cartografía Hidrogeológica de la M:A:S: de Almargen-Teba-Campillos (Atlas Hidrogeológico de Málaga, 2006)



7.- PROBLEMÁTICA HIDROGEOLÓGICA PLANTEADA

El sondeo Cabrerizo, que abastece a la localidad de Almargen, se encuentra emplazado sobre dolomías y calizas del Jurásico, en la vertiente septentrional de la Sierra de Cañete (M.A.S. Sierra de Cañete, compartimento hidrogeológico de Almargen). Este sondeo se encuentra situado muy próximo a la ruptura de pendiente que existe entre los relieves de la sierra y el valle por donde discurre el río Almargen. Este curso fluvial se encuentra incluída en la M.A.S. Teba-Almargen-Campillos.

Los análisis químicos efectuados en el sondeo Cabrerizo, han puesto de manifiesto un aumento progresivo en la concentración de Fe hasta alcanzar valores entorno a 500 µg/L, en los últimos meses. Estos valores no son constantes a lo largo del año, sino que varían según la época, con valores de concentraciones de Fe más bajas en época de lluvia y valores mas altos en época de sequía. También se observan, en sectores próximos a este, más al sur y dentro del mismo compartimento hidrogeológico (Sondeo del IGME) (Fig. 2), concentraciones ocasionalmente elevadas de Mn, (435,5 µg/L) y Sulfatos (420 µg/L).

Las altas concentraciones de Fe observadas en el pozo Cabrerizo se han achacado, en un principio, a la corrosión de la tubería de revestimiento del sondeo, no obstante se ha cambiado recientemente la tubería de impulsión del sondeo manteniéndose, o incluso aumentando, la concentración de Fe.

Actualmente y teniendo en cuenta las observaciones realizadas para la elaboración de este informe, las concentraciones elevadas de Fe se relacionan con procesos de contaminación tanto química, que dan lugar a precipitación del

Fe por procesos de oxidación, como bacteriológica, que originan la corrosión de la tubería por bacterias o a la proliferación de bacterias ferruginosas.

La contaminación, tanto bacteriana como química, puede proceder de la mezcla de aguas subterráneas. Unas procedentes del acuífero carbonatado de la M.A.S. de la Sierra de Cañete, compartimento hidrogeológico de Almargen, que presentan valores de conductividad bajos mezcladas con otras procedentes del acuífero detrítico Mio-Cuaternario de la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos, con valores de conductividad más altos.

Se ha realizado un pequeño inventario de pozos y sondeos situados en el entorno del sondeo de abastecimiento actual, sondeo Cabrerizo.(Fig. 5)

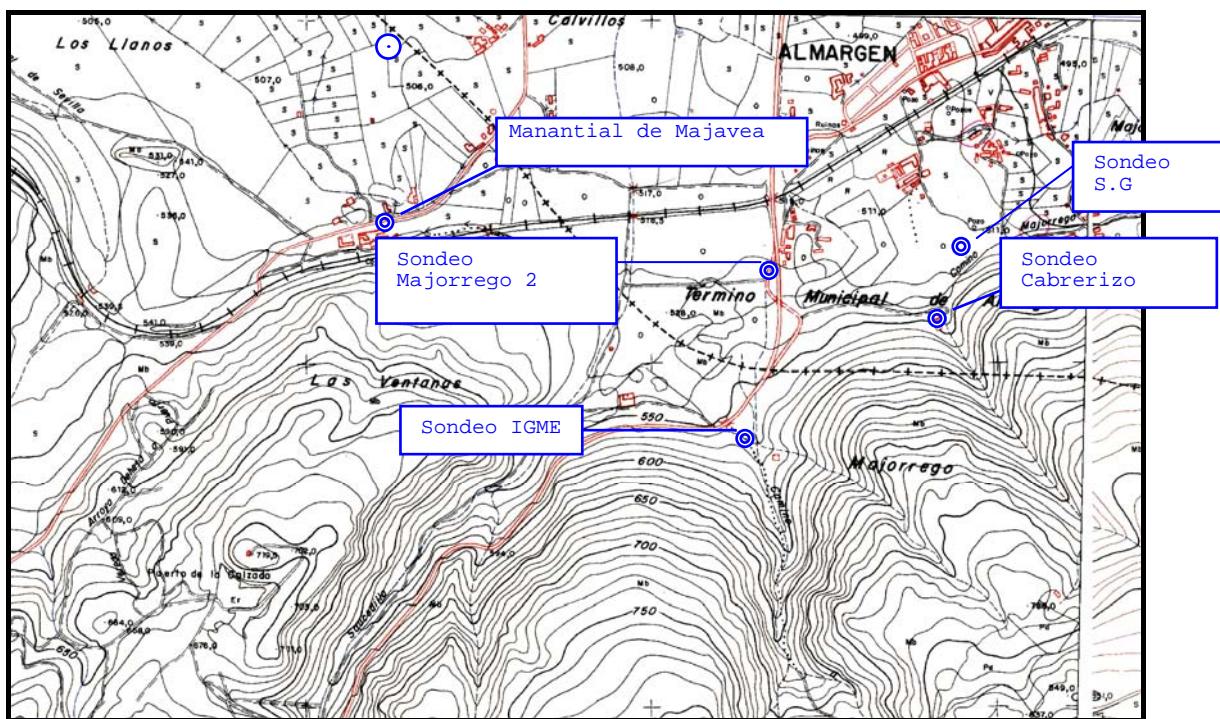


Fig. 5. Emplazamiento de puntos de agua en las proximidades del sondeo de abastecimiento

SONDEO-MANANTIAL	PROFUNDIDAD	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	CONTENIDO EN Fe ($\mu\text{g}/\text{L}$)	M.A.S.
Manantial Majavea	-	555	0,00	S. Cañete
Sondeo Majorrego 2	180	112400	13910	S. Cañete
Sondeo IGME	280	434-533	0-690	S. Cañete
Sondeo Cabrerizo	200	648-896	69-554	S. Cañete
Sondeo S.G.	50	1925	60 (1)	S. Cañete

(1) Este sondeo por colorimetría “in situ” indica la presencia de Fe, aunque posteriormente el análisis no lo ha detectado.

En esta tabla se observa como el Manantial de Majaveas y el sondeo del IGME presentan valores bajos de conductividad y bajas concentraciones de Fe mientras que el sondeo Majorrego, Cabrerizo y S.G., presentan valores de alta conductividad y altas concentraciones de Fe.

Estos datos indican que actualmente y dentro del compartimiento hidrogeológico de Almargen, incluido en la M.A.S. Sierra de Cañete, existen dos sectores.

El sector Oeste y meridional, que mantiene una conductividad de unos 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Manantial de Majaveas), en concordancia con los valores medidos en el sondeo del IGME (434-533 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y en los sondeos situados en el alto de la Sierra de Cañete.

Y el sector Este y Septentrional, (M.A.S. Sierra de Cañete) que presenta valores de conductividad mas altos, ocasionalmente similares, con los medidas en la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos.

Estos datos indican que ciertos sectores de la M.A.S. de la Sierra de Cañete (sector Este y Septentrional), se encuentra afectado, desde hace algún tiempo, por intrusiones de agua subterránea, con mayor conductividad, procedente de la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos.

Este proceso de intrusión de agua subterránea produce, en sectores muy concretos y definidos, una mezcla de agua que provoca el aumento de la conductividad y el aumento de concentraciones en varios elementos, entre ellos el Fe.

8.- SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

En la investigación para el nuevo emplazamiento se ha visitado y descartado el sector más septentrional de los afloramientos Jurásicos de la Sierra de Cañete. Este descarte se ha realizado teniendo en cuenta que el sondeo realizado por el IRYDA en 1978, en esta zona, con 441 m de profundidad resultó negativo. Este sondeo cortó la serie calco-dolomítica del Jurásico hasta 40 metros de profundidad aproximadamente, poniendo de manifiesto la presencia de un importante accidente tectónico, en esa zona. Además, en este sector se encuentran situadas varias granjas de cerdos que pueden contaminar el futuro emplazamiento del sondeo.

Estas particularidades del acuífero han condicionado el emplazamiento del nuevo sondeo y más teniendo en cuenta que no se quiere modificar el régimen hidráulico del manantial de Majaveas, nos han dirigido a emplazar el nuevo

sondeo en el sector Oeste y Meridional del compartimento hidrogeológico de Almargen, alejado del acuífero Mio-Cuaternario de Teba-Almargen-Campillos, ya que consideramos a este acuífero el responsable, por diversas causas, del aumento de Fe en el sondeo Cabrerizo.

Los materiales que afloran, en este sector, están agrupados en un conjunto de dolomías blancas masivas, sin estratificación visible y en los que no se han podido tomar ningún buzamiento. No obstante, en la cartografía 1:50.000 MAGNA de la Hoja de Teba (Fig. 2), se indica que la dirección de la estratificación varía entre E-O y NE-SO, con buzamiento hacia el norte comprendido entre 60° y 80°. (En la Foto 1, se intuye un fuerte buzamiento de la serie hacia el norte).



Foto 1.- Dolomías del entorno del emplazamiento

Es importante indicar que en esta zona existe un sondeo realizado por el IGME

(X: 319.320; Y: 4.095697 y Z: 568) en el año 2006.

En los trabajos de campo y en la descripción de este sondeo, se pone de manifiesto la presencia, en este sector, de dos tipos de dolomías: uno de aspecto masivo y sacaroideo, que ha afectado a la roca primaria con más intensidad y otro, cuyo proceso diagenético de dolomitización ha sido menos intenso que mantiene, hasta cierto punto, las cualidades primarias de roca caliza original, tales como su color, marrón, menos recristalización, grano más pequeño y aspecto más organizado, en su conjunto.

En el terreno, estos dos tipos de dolomías dan lugar a alternancias de niveles más competentes, más duros, y de menor espesor que originan resaltes en el terreno, intercalados entre otros más blandos, menos competentes, y de mayor espesor que dan lugar a zonas con menos relieve (Foto 2).

La columna levantada en este sondeo realizado por IGME, indica que:

- 0-75 m de profundidad se han cortado calizas y arcillas
- 75-165 m, calizas muy fracturadas (zona de falla)
- 165-280 m, dolomías de calizas.

El informe tanto del IGME como de la empresa constructora del sondeo indica que entre los 75 y 165 m se cortan “arenas de falla”.

Este nivel (comprendido entre 75 y 165 m) corresponde a los niveles dolomíticos de grano grueso muy recristalizados indicados anteriormente ya que no se observa en el campo el trazado de una falla tan importante que de lugar a un plano de falla de 90 m de potencia. Este sondeo (IGME, 2006) se encuentra taponado por un desprendimiento a los 141 m de profundidad indicando la poca consistencia de estos materiales. Este nivel, planteará problemas durante su perforación y será necesario entubarlo para poder acceder a los niveles de

dolomías más consistentes (entre 165-280 m), que pueden proporcionar los caudales más interesantes de agua.



Foto 2.- Intercalaciones de niveles dolomíticos mas competentes entre otros menos competentes y mas blandos

La estructura de esta zona conforma una serie monocinal con buzamiento hacia el norte.

Por las proximidades del emplazamiento discurre una importante fractura (Foto 3) con dirección NNO-SSE, prácticamente submeridiana. Este tipo de fracturas puede provocar variaciones en los frentes de dolomitización aumentando el espesor de las dolomías sacaroideas, difíciles de perforar.



Foto 3.- Fractura y posición del nuevo sondeo

El acuífero, en esta zona, se desarrolla sobre los niveles dolomíticos que en superficie no se observan muy karstificados, aunque si muy fracturados (Foto 4). El muro del acuífero está constituido o por los materiales de baja permeabilidad del Triásico superior, aflorantes, según la cartografía MAGNA, mas al norte o por una importante fractura que constituye el límite septentrional de esta M.A.S. y que se ha cortado en el sondeo del IRYDA, citado anteriormente, a los 40 m de profundidad. El espesor del acuífero es muy variable ya que este límite inferior no es estratigráfico. No obstante se espera que este límite no se llegue a cortar en el sondeo.

El nivel piezométrico de esta zona se encuentra situado a una cota algo por encima de 500 m s.n.m. Teniendo en cuenta que la cota del sondeo propuesto se

sitúa a unos 620 m s.n.m., el nivel freático en el nuevo sondeo debe cortarse a unos 120 m s.n.m.

Estas imprecisiones estratigráficas y tectónicas plantean la necesidad de realizar un exhaustivo control geológico del sondeo que permitan definir las condiciones de perforación.



Foto 4.- Karstificación y fracturación de los niveles dolomíticos



Foto 5. Toma de muestras en el Sondeo del IGME

9.- SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

El emplazamiento previsto se ha desglosado en dos puntos dependiendo de las posibilidades de construcción de la pista de acceso al emplazamiento (Foto 6).

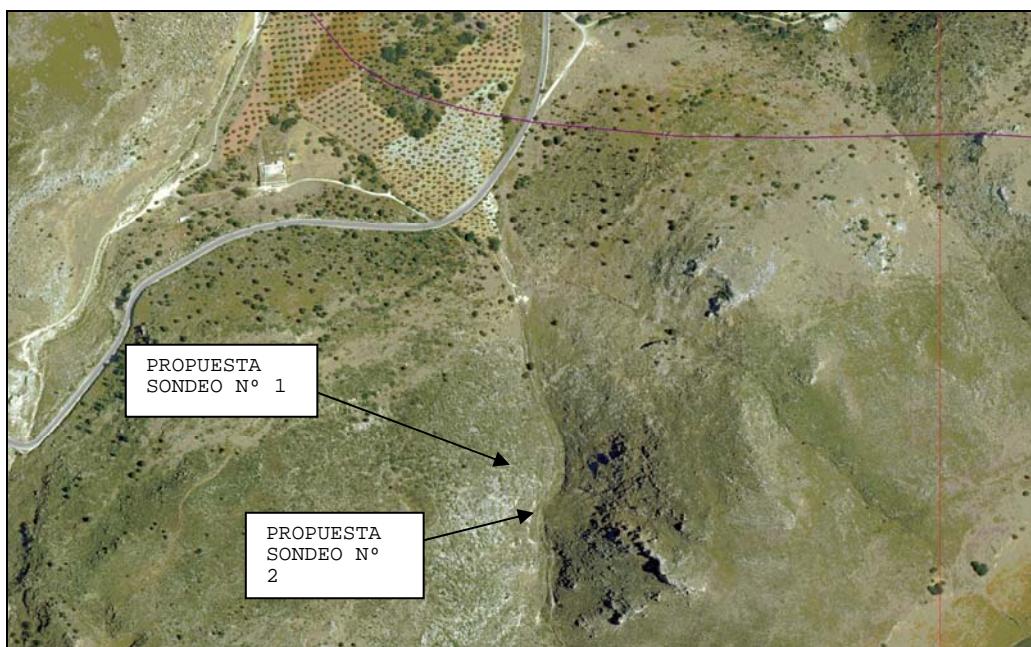


Foto 6. Emplazamiento del sondeo propuesto

Para la captación de aguas subterráneas se propone la ejecución de un sondeo vertical con las siguientes características:

- Emplazamiento:

Propuesta nº 1: Coordenadas UTM: X: 0319357 Y: 4095510

Cota topográfica: 600 m.s.n.m. (Foto 7)

Propuesta nº 2: Coordenadas UTM: X: 0319379 Y: 4095420

Cota topográfica: 620 m.s.n.m. (Foto 8)

Paraje: Sierra Almárgen (arroyo Majorrego)



Foto 7. Emplazamiento del nuevo sondeo de Almárgen (Propuesta nº 1)



Foto 8. Emplazamiento del nuevo sondeo de Almargen (Propuesta nº 2)

Este nuevo emplazamiento es el situado más próximo al depósito de abastecimiento situado en las inmediaciones del sondeo Cabrerizo, permitiendo minimizar los costes de tubería.

El acceso se realiza desde la carretera MA-476, Almargen-Cañete, por un camino que parte de una curva cerrada en su intersección con el barranco de la Cañada del Callejón, hacia el sur. Pasa al lado del Sondeo del IGME, continuando hacia el sur hasta que el camino se pierde, el barranco gira y el relieve comienza a pronunciarse (Foto 9).

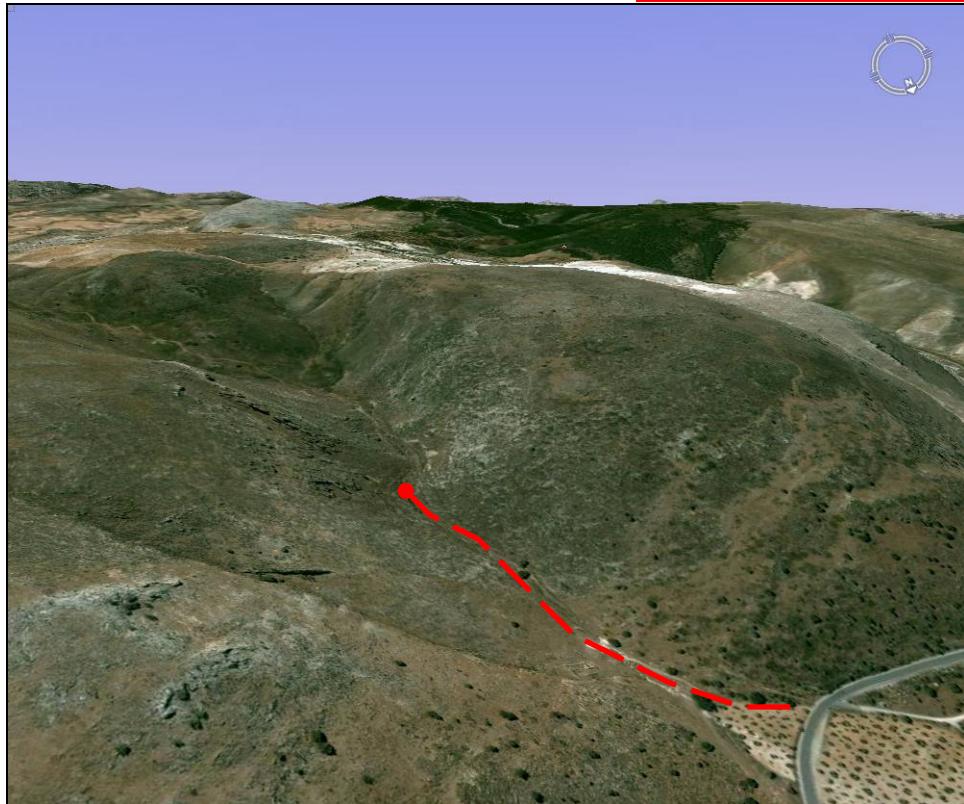


Foto.- 9 Acceso al nuevo sondeo (imagen obtenida de Google Earth)

Este emplazamiento se ha definido teniendo en cuenta las apreciaciones indicadas anteriormente y que se resumen, fundamentalmente, en alejar el emboquille del límite septentrional de la M.A.S. de la Sierra de Cañete en su contacto con la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos, cuyas aguas presentan, en esta zona, alta conductividad que puede llegar a complicar su uso para el abastecimiento del poblaciones.

Así mismo, este emplazamiento se localiza en las proximidades y aguas abajo de unas importantes explotaciones en canteras situadas en lo alto de la sierra que pueden modificar los flujos naturales e introducir elementos extraños en el acuífero(Foto 9).

10.- OBRA QUE SE PROPONE

Para la captación de aguas subterráneas (Fig 6) se propone la ejecución de un sondeo vertical con las siguientes características:

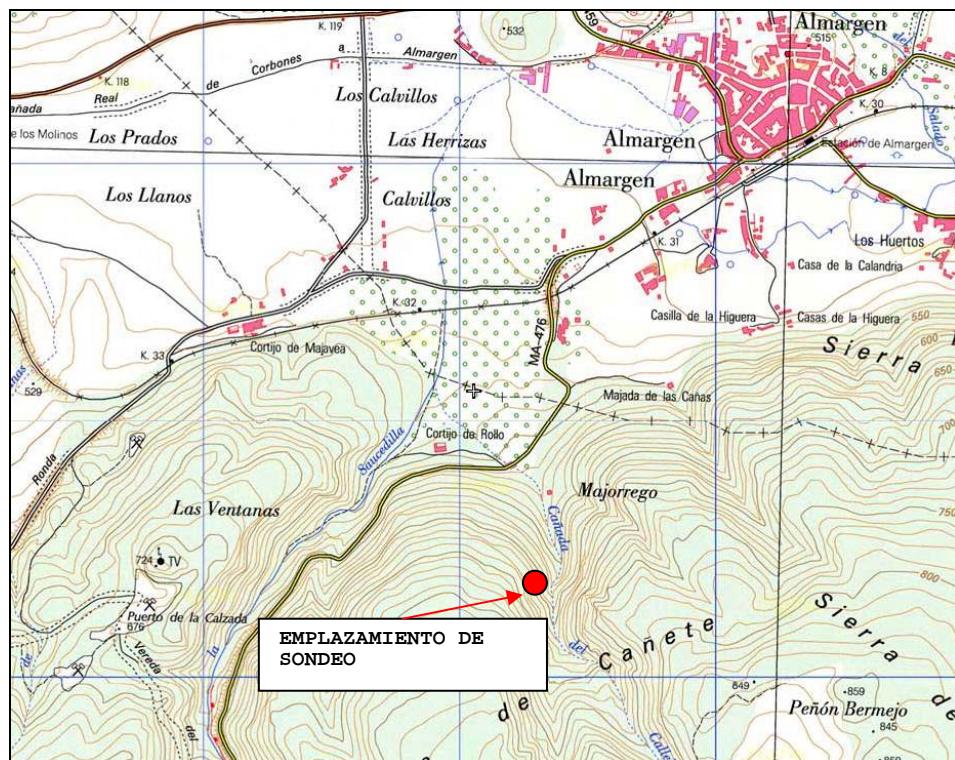


Fig. 6. Emplazamiento del sondeo propuesto

- Características de la obra
 - Tipo de obra: Sondeo Vertical
 - Profundidad: 250 m
 - Diámetro de perforación: primero se realizará un sondeo de investigación con diámetro 220 mm. Y en caso de resultar favorable se reperforará a diámetro 380 mm

Al final del sondeo de investigación, previo al comienzo de las obras de reperforación se llevará a cabo toma de muestra del agua del sondeo para realizar un análisis químico básico (hierro, cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos) que ponga de manifiesto la validez del mismo desde el punto de vista cualitativo.

Diámetro de revestimiento: 300 mm.

Filtro: En el revestimiento del sondeo se dispondrán tramos de tubería ranurada alternando con tramos de tubería ciega en el espesor de acuífero saturado en agua. Los tramos ranurados se harán coincidir con las principales entradas de agua detectadas durante la perforación.

Material del revestimiento: en este caso sería plenamente conveniente la disposición de un revestimiento **con tubería de PVC o acero inoxidable**, tanto en los tramos ciegos como en los de filtros.

Tapa de fondo: igualmente se recomienda disponer tapa en el fondo del pozo para evitar flujos desde las capas inferiores.

Así mismo en el espacio intergranular entre el revestimiento y la pared de la perforación se dispondrá en empaque de grava silícea que aumentará el efecto de filtrado.

Una vez concluidas las labores anteriores y previo al equipamiento del sondeo es necesario realizar un aforo o ensayo de bombeo en el mismo durante 48 h. para determinar la curva característica del pozo y el caudal óptimo de explotación. Igualmente y durante la realización del aforo se realizarán tres análisis de control de la calidad de las aguas extraídas, tomando muestras a la hora del comienzo del aforo, a las doce horas y a las 24 h.

11.- CONCLUSIONES

- El agua del actual sondeo de abastecimiento a Almargen (sondeo Cabrerizo) contiene altas concentraciones de Fe
- Estas altas concentraciones de Fe se observan en un sector muy definido situado en el Este y Norte del compartimento hidrogeológico de Almargen, en la M.A.S. de la Sierra de Cañete.
- En este sector se ha detectado una mezcla de aguas subterráneas procedentes unas de M.A.S. de Sierra de Cañete y otras de la M.A.S. de Teba-Almargen-Campillos.
- Esta mezcla provoca la precipitación de Fe y otros elementos por procesos bacterianos y químicos.
- Dentro del Compartimento Hidrogeológico de Almargen (M.A.S. de Sierra de Cañete), el sector Oeste y Sur de este compartimento, mantiene las condiciones hidroquímicas originales (aparentemente sin procesos de mezcla con aguas subterráneas procedentes de la M.A.S. de Teba-Almargen Campillos).
- El nuevo sondeo de abastecimiento a la localidad de Almargen, se ha situado en el sector definido en el punto anterior, en el que se mantienen, hasta este momento, las condiciones hidroquímicas originales de este compartimento.
- Este sondeo se ha situado en las coordenadas UTM: X: 0319357 Y: 4095510 (Propuesta nº 1) o en : UTM: X: 0319379 Y: 4095420 (Propuesta nº 2).
- Este sondeo plantea problemas de perforación aproximadamente entre 50 y 200 m de profundidad, ya que se atraviesan materiales muy poco consistentes que se desmoronan y colapsan fácilmente como ha sucedido en el sondeo del IGME (2006), situado unos 1000 m al norte.

12.- RECOMENDACIONES

- Es importante efectuar un detallado control geológico durante la realización del sondeo ya que se encuentra emplazado en una zona problemática, afectada por intensos procesos de dolomitización y muy próxima a una zona de falla que puede modificar rápida y sustancialmente las condiciones litológicas que se esperan durante la perforación del sondeo.
- Durante la perforación se considera necesario tomar muestras de agua del sondeo con el objetivo de conocer en profundidad las variaciones de la conductividad en las aguas del acuífero.
- Se considera necesario entubar el sondeo totalmente en PVC o acero inoxidable con el objetivo de paliar, en lo posible, la corrosión de la tubería de revestimiento.

Málaga, Diciembre de 2008

Fdo: M^a Teresa Jiménez Navarro
GEÓLOGA

Fdo: Alfredo García de Domingo
GEÓLOGO

ANEXO II
ABASTECIMIENTO A BENALURÍA

INFORME GEOLOGICO PARA EMPLAZAMIENTO DE SONDEO EN BENALAURÍA (MALAGA)

1.- OBJETO

El objeto del presente estudio es localizar un emplazamiento adecuado, desde el punto de vista hidrogeológico, para llevar a cabo un sondeo de explotación de aguas subterráneas para abastecimiento a Benalauría (Málaga), en las proximidades de la localidad y siempre dentro de su término municipal.

La población actualmente se abastece desde el sondeo de la Fuensanta, compartido con Benadalid, en cuyo término municipal se sitúa dicha obra.

Aunque dicha captación, en el momento actual, garantiza el abastecimiento de los dos municipios, no cuentan con alternativa de abastecimiento para casos de avería o cualquier otra circunstancia. Esto motiva que el Ayuntamiento de Benalauría quiera ejecutar un sondeo en su término municipal que garantice su abastecimiento independientemente del de Benadalid y además constituya una fuente alternativa en caso de necesidad.

2.- ANTECEDENTES

En este propósito el Ayuntamiento de Benalauría ha llevado a cabo con cargo al POL326/2006, la ejecución de un sondeo en el paraje del depósito del Puerto, en las proximidades del manantial Fuenfría.

Las obras de este sondeo consistieron en la reperforación de un sondeo de investigación previo (realizado por el propio Ayuntamiento) para alcanzar una profundidad de 200 m y un diámetro de perforación de 315 mm. Dichas actuaciones se llevaron a cabo con numerosos problemas durante su ejecución debido a desprendimientos de las propias paredes del sondeo entre los 0-90 m. los cuales se fueron subsanando, terminándose la perforación y revistiéndose la misma con tubería de acero de 250 mm de Ø, con filtro puentecillo en distintos tramos.

Columna Litológica

- 0 m – 14 m: Suelo; material de alteración
- 14 m – 44 m: Calizas y margas grises
- 44 m – 64 m: Margas y margocalizas blancas
- 64 m – 95 m: Margas grises
- 95 m – 120 m: Calizas y margas grises
- 120 m – 135 m: Calizas blancas
- 135 m – 145 m: Arcillas rojas
- 145 m – 150 m: calizas grises
- 150 m – 180 m: Calizas blancas
- 180 m – 200 m: Arcillas rojas

Las entradas de agua más significativas se dieron a los 95 m y 180 m

Distribución de tubería

- 0 m – 92 m: Tubería de acero ciega de 250 mm x 5 mm.
- 92 m – 98 m: Tubería de filtro puentecillo de 250 mm. x 5 mm.
- 98 m – 116 m : Tubería de acero ciega de 250 mm x 5 mm.
- 116 m – 128 m: Tubería de filtro puentecillo de 250 mm. x 5 mm

- 128 m – 146 m: Tubería de acero ciega de 250 mm x 5 mm.
- 146 m – 152 m: Tubería de filtro puentecillo de 250 mm. x 5 mm
- 152 m – 170 m: Tubería de acero ciega de 250 mm x 5 mm.
- 170 m – 176 m: Tubería de filtro puentecillo 250 mm. x 5 mm
- 176 m – 200 m: Tubería de acero ciega de 250 mm x 5 mm.

En total se han colocado 30 m de tubería de filtro de típico puentecillo

Una vez revestida la perforación, en la disposición del empaque de grava se producen problemas de sifonamiento en el fondo del pozo penetrando grava en el propio sondeo en un tramo de 15 m., con lo cual el sondeo queda con una profundidad útil de 185 m y no de 200 m como se había perforado.

Finalmente se realiza el aforo de este sondeo del que se desprende un caudal de explotación de sólo 1 L/sg, cantidad ínfima que no justifica los gastos que habría que realizar en infraestructuras anejas, tales como electrificación, conducción etc

Igualmente se realiza analítica a las aguas extraídas durante el aforo resultando adecuada su calidad química.

3.- SITUACIÓN GEOGRAFICA

El municipio de Benalauría se localiza en la comarca del valle del Genal, dentro de la Serranía de Ronda (Fig. 1)

Se sitúa a 143 Km de distancia de Málaga y a 30 km de la ciudad de Ronda. La extensión del Término Municipal es de 20,60 Km².

Presenta una población de derecho de 474 habitantes, estructurándose en el propio núcleo de Benalauría y la pedanía de Siete Pilas (situada a 15 Km. del núcleo, y con una población de 104 habitantes)

Sus datos exactos de localización son:

Latitud: 36° 35'

Longitud: 5° 15'

Altitud: 667 m.s.n.m.

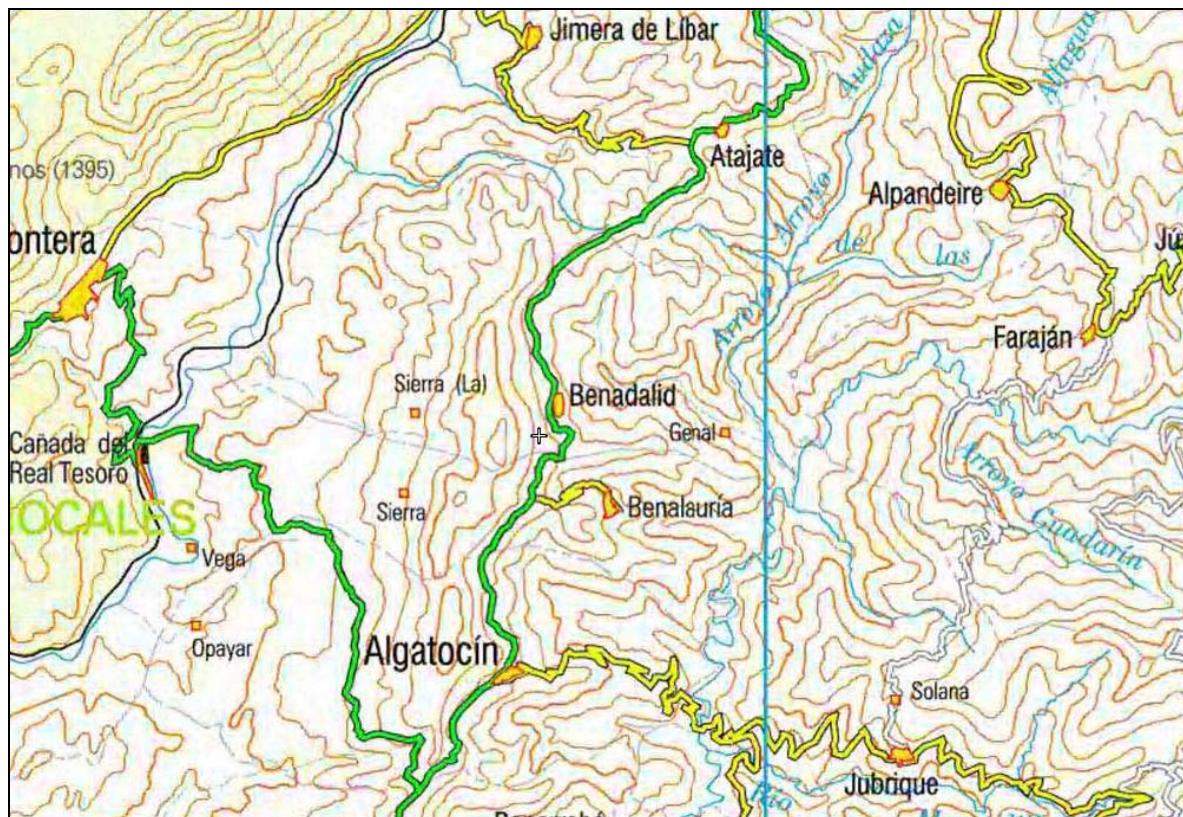


Fig. 1. Situación de Benalauría

El acceso al núcleo se realiza desde la carretera autonómica A-369 (Ronda-Algeciras), a través de 2 Km de la carretera local MA-8306 que parte de la anterior hasta el propio núcleo.



4.- NECESIDADES HÍDRICAS

La demanda hídrica del municipio de Benalauría para abastecimiento urbano se estima en base a la naturaleza rural de la población y el número de habitantes, teniendo en cuenta las dotaciones establecidas en el Plan Hidrologico de la Cuenca Sur de España.

Para una dotación teórica de 220 L/hab/día y una población aproximada de 470 hab. la demanda hídrica sería de 104,3 m³/día, habida cuenta el impulso del turismo rural de fines de semana en este municipio, se podría considerar que para una dotación teórica de 280 l/hab/día se tendría una demanda de 132,7 m³/día.

Para cubrir esta demanda sería necesario un caudal continuo de 1,6 L/sg o un caudal de 3,8 L/sg durante 10 horas.

5.- GEOLOGÍA E HODROGEOLOGÍA

Regionalmente el municipio de Benalauría se encuentra a caballo entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética, entre las que se encuentra emplazada la Zona Circumbética.

Afloran materiales tanto de los complejos Alpujárride y Maláguide como del Subbético Interno, entre los que se disponen materiales de la Zona Circumbética, a base de Flysch Ultrabéticos y materiales carbonatados de la Dorsal Calcárea.

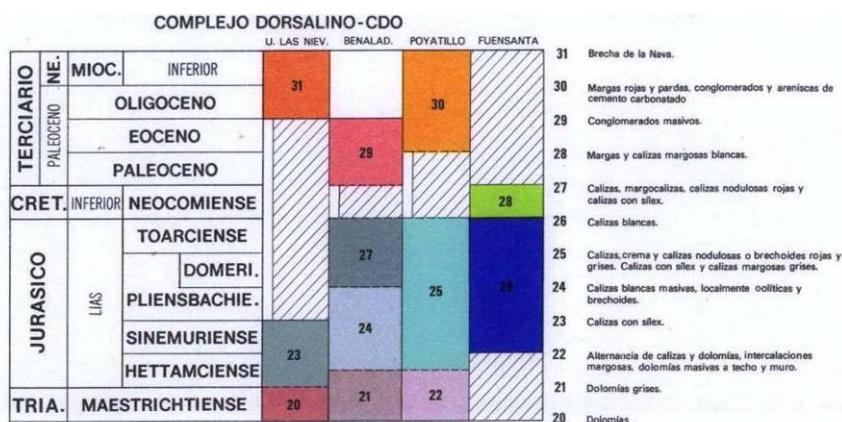
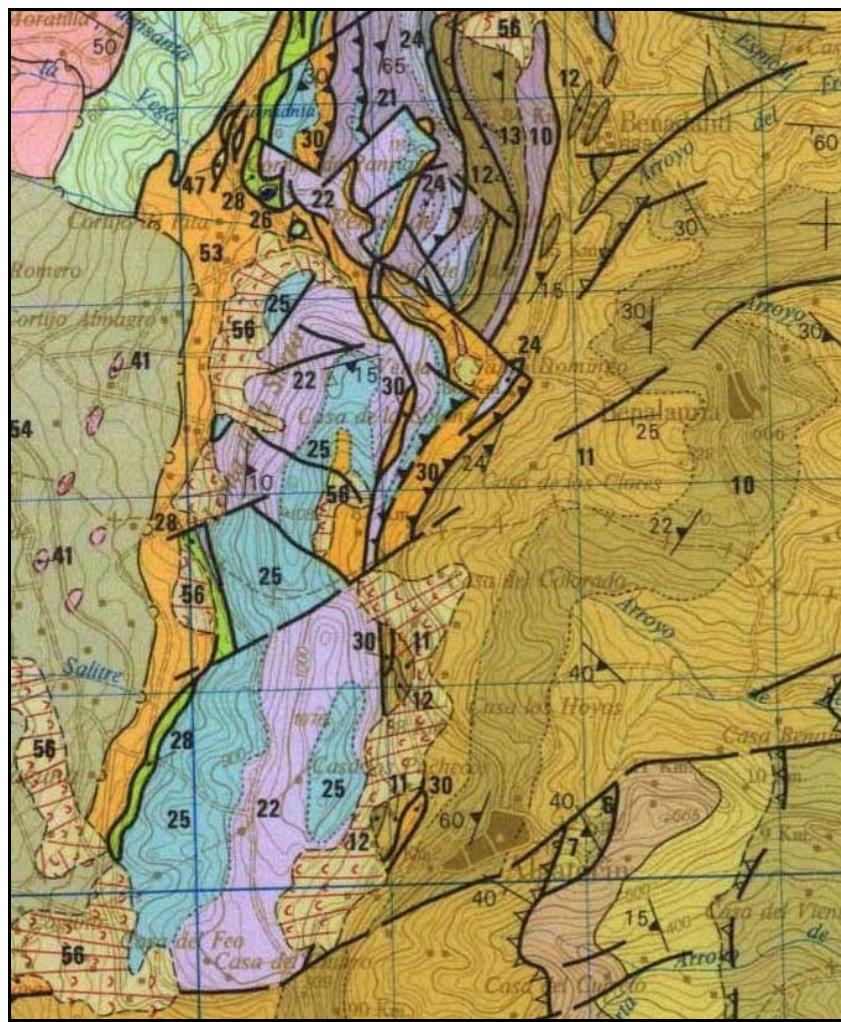


Fig 2. Cartografía geológica y Leyenda entorno de Benalauria (según Hoja)

MAGNA nº 1.064, Cortes de la Frontera)

El Término de Benalauría, alargado en sentido E-W, se caracteriza por presentar relieve, en general, muy abruptos, con elevadas pendientes y fuertes desniveles, en los cuales predominan claramente los procesos erosivos sobre los procesos sedimentarios. El municipio de Benalauría drena hacia dos vertientes, coincidiendo su divisoria con el relieve calizo de la Sierra de Benadalid que aflora en el centro del mismo. En su vertiente oriental a través de encajadas vaguadas y torrenteras el drenaje se produce hacia la cuenca del Río Genal mientras que en su vertiente occidental, a través de relieve más suaves, la zona vierte hacia el río Guadiaro, cauce receptor del río Genal.

Los únicos materiales aflorantes en el municipio de Benalauría que presentan interés desde el punto de vista hidrogeológico, derivado de su carácter acuífero y de las dimensiones que presentan son los materiales carbonatados de la sierra de Benadalid, correspondientes al Complejo Dorsalino de la Zona Circumbética , cuyas características detallaremos más adelante.

El resto de los materiales son prácticamente impermeables y sólo en la capa superficial de alteración pueden transmitir y albergar pequeños volúmenes de agua que no son explotables para abastecimiento urbano a nivel municipal.

Los materiales acuíferos de la Sierra de Benadalid forman parte de la Masa de Agua Subterránea 060-047 Guadiaro-Genal –Hozgarganta.

Este acuífero está constituido, en el muro, por una alternancia de calizas y dolomías con intercalaciones de margas que pasan a techo a un conjunto de calizas crema, nodulosas y brechoides con sílex. Esta serie calcárea se encuentra afectada por procesos de karstificación que constituyen la formación acuífera.

Este acuífero se encuentra afectado por una intensa tectónica, que ha



dado lugar a la formación de varios compartimentos hidrogeológicos.

Esta estructuración tectónica, aludida anteriormente y en algunos casos difícil de precisar, define la extensión y disposición geométrica de este acuífero, dando lugar, en algunas ocasiones, a desconexiones hidráulicas totales entre compartimentos.

A grandes rasgos, en esta sierra se pueden definir dos compartimentos (Fig 3): el de Benadalid, al norte y el de Benalauría-Algatocín, al sur. Estos compartimentos hidrogeológicos se encuentran separados por un importante accidente tectónico con dirección NO-SE, en donde afloran materiales margo-arcillosos de la Unidad Olistostrómica del Mioceno inferior (Foto 2).

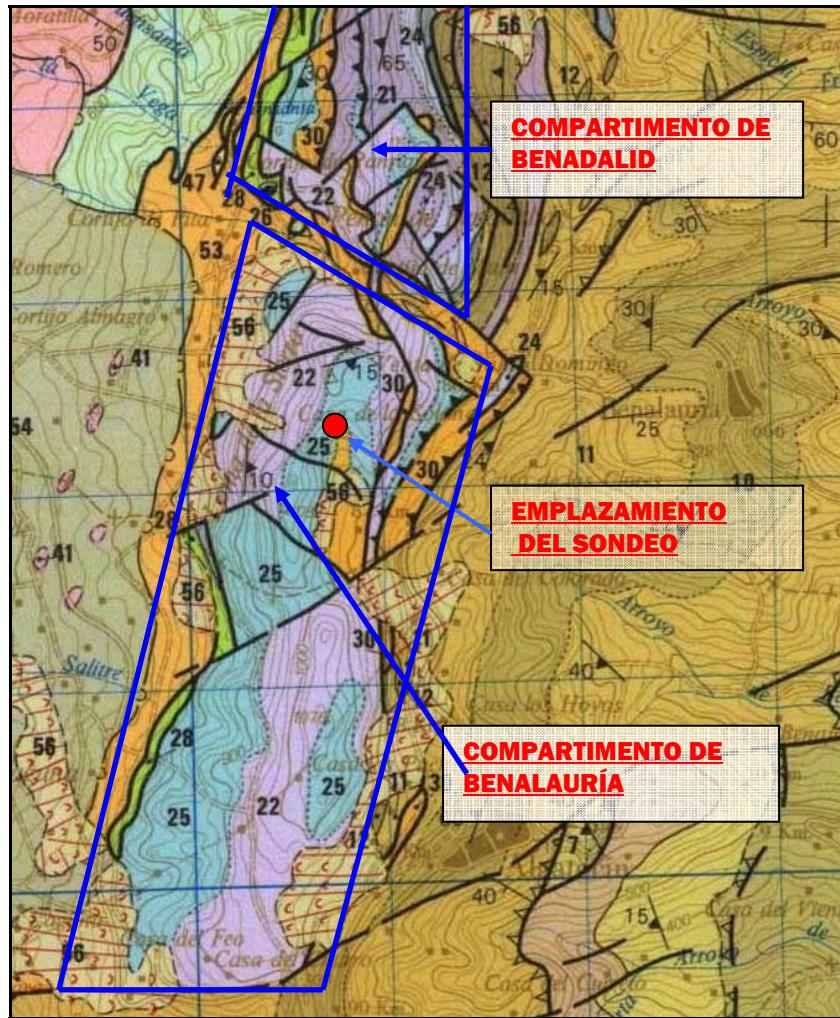


Fig 3. Esquema hidrogeológico y definición de compartimentos hidrogeológicos



Foto 1. Divisoria tectónica entre los compartimentos hidrogeológicos de Benadalid y Benalauría-Algatocín

6.- SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

Para la selección del emplazamiento se realizó una visita de campo en la que se analizaron, desde su perspectiva hidrogeológica, dos sectores.

El primer sector, localizado en la zona meridional del compartimento de Benadalid. El acceso se realiza por un camino que atraviesa la sierra, en dirección SE-NO desde la carretera principal A-369, pasando por el depósito de agua de Benalauría.

El objetivo de esta exploración era el de encontrar afloramientos calcáreos, del compartimento hidrogeológico de Benadalid, emplazados dentro del término municipal de Benalauría, en donde se pueda situar un sondeo para perforar el

acuífero carbonatado que se explota, mas al norte, conjuntamente con la localidad de Benadalid, mediante el sondeo de Fuensanta.

Como conclusión de esta investigación se puede indicar que no se han localizado emplazamientos, dentro del término municipal de Benalauría, que permitan situar un sondeo que explote con garantías este acuífero (Foto 2 y 3) ya que además de presentar esta zona un fuerte relieve, que impide el emplazamiento de la sonda, se localiza muy próximo al límite tectónico meridional que define este compartimento.



Foto 2. Camino que recorre las proximidades del límite municipal de Benalauría -
Benadalid



Foto 3. Afloramientos de calizas en el límite del término municipal de Benalauría

El segundo sector investigado es el situado al SO de la localidad de Benalauria, en el compartimento hidrogeológico de Benalauria-Algatocin. El acceso se realiza por un camino que con dirección NE-SO se dirige a una cantera abandonada, emplazada en el alto de esta sierra, que explotaba las calizas jurásicas (Foto 4). Hay que indicar que esta zona presenta una geología muy complicada, que dificulta la localización de emplazamientos con fines hidrogeológicos.



Foto 4. Camino de la cantera

Esta zona conforma un sinclinal complejo (Foto 5) afectado por varias fallas inversas o cabalgamientos de sus flancos, que emplazan los niveles calcáreos del Jurásico (Foto 6) junto con las arcillas y margas del Terciario. Esta estructura se encuentra afectada por varias fracturas normales o en dirección, que desplazan los niveles calcáreos, cuya representación se expone en la Figura 4.

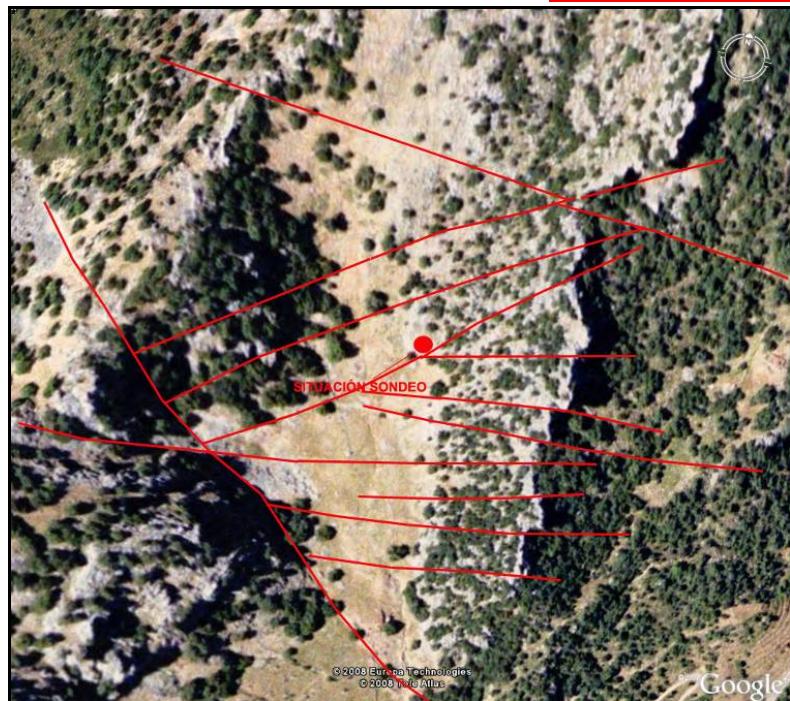


Fig. 4. Red de fracturas en los alrededores del emplazamiento previsto (imagen obtenida de Google Earth)



Foto 5. Flanco este del sinclinal investigado



Foto 6. Niveles de calizas superiores estratificados

El acuífero está formado por la karstificación y fracturación de estas calizas (Foto 9). Estos sistemas de fracturas, no llegan, en la mayor parte de los casos, a compartimentar hidráulicamente este acuífero. El muro de este acuífero está formado por una fractura o cabalgamiento que pone en contacto los niveles acuíferos calcáreos del Jurásico con arcillas y margas del Terciario. El espesor del acuífero, en esta zona, es muy difícil de precisar, ya que no se disponen de datos de subsuelo y, posiblemente, la serie se encuentre cortada en profundidad por el cabalgamiento principal, por lo que es importante realizar un exhaustivo control geológico durante la perforación del sondeo.

El emplazamiento previsto se localiza en las coordenadas x: 0295823 e y: 4052135 , en el flanco oriental del sinclinal con dirección N-S, muy próximo al eje de esta estructura (Foto 7 y 8).

El emplazamiento del sondeo se ha realizado teniendo en cuenta la gran cantidad de fracturas observadas, tratando de situar el emboquille, en un sector poco afectado por estas fracturas y lo más alejado posible de las fallas más importantes, que pueden modificar sustancialmente, en profundidad, las observaciones hidrogeológicas interpretadas en superficie.



Foto 7. Situación prevista para el emplazamiento del sondeo



Foto 8. Detalle del emplazamiento seleccionado



Foto 9. Fisuración y karstificación del acuífero calcáreo

El espesor visible de los niveles calcáreos que constituyen este acuífero superan, en esta zona, los 300 metros, aunque sufren fuertes acortamientos de la serie debido a causas tectónicas.

Es importante indicar que en el contacto de esta estructura calcárea con los niveles arcillosos-margosos del terciario, se encuentra situado un manantial que indica el contenido en agua de este acuífero (Fig. 5 y Foto 10).



Fig 5. Situación del emplazamiento del sondeo en relación con el manantial próximo (imagen obtenida de Google Earth)

7.- OBRA QUE SE PROPONE

Para la captación de aguas subterráneas se propone la ejecución de un sondeo vertical con las siguientes características:

- Emplazamiento:

Coordenadas UTM: X: 0295823 Y: 4052135

Cota topográfica: 960 m.s.n.m.

Paraje: Azanaque (Fig. 6)

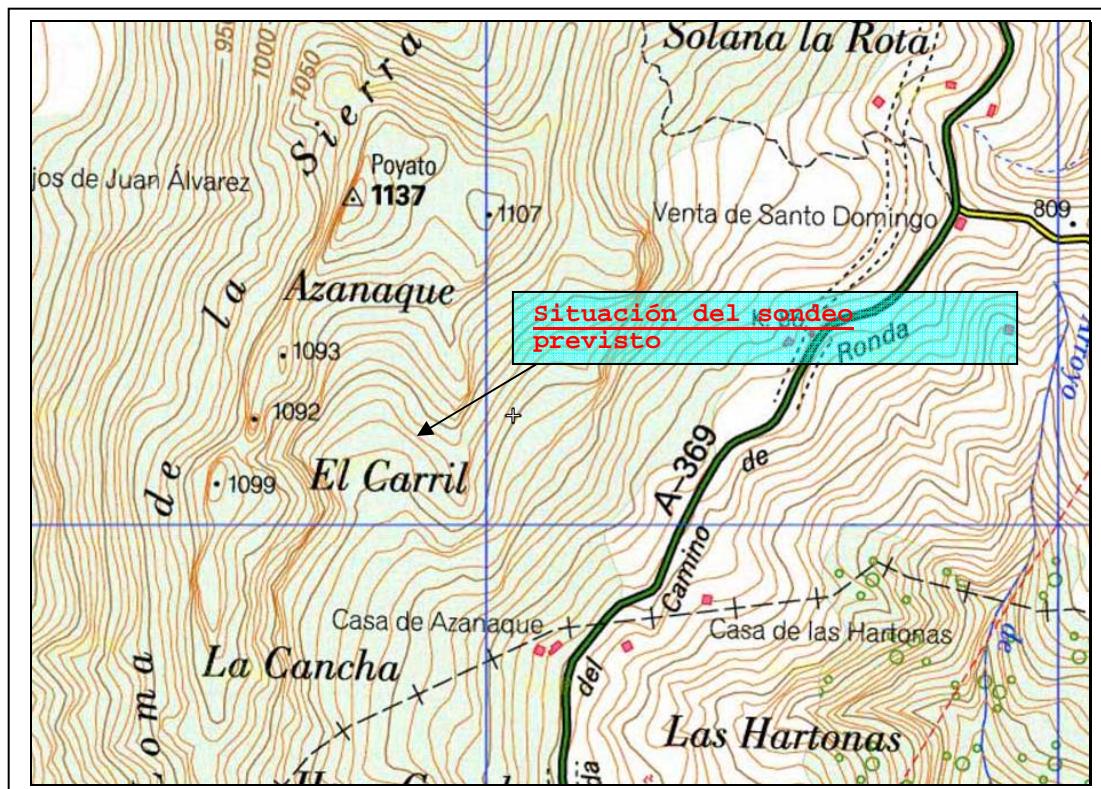


Fig. 6. Emplazamiento del sondeo propuesto

- Características de la obra

Tipo de obra: Sondeo Vertical

Profundidad: 200 -250 m

Diámetro de perforación: primero se realizará un sondeo de investigación con diámetro 220 mm. Y en caso de resultar favorable se reperforará a diámetro 380 mm

Diámetro de revestimiento: 300 mm.

Filtro : En el revestimiento del sondeo se dispondrán tramos de tubería ranurada alternando con tramos de tubería ciega en el espesor de acuífero saturado en agua. Los tramos ranurados se harán coincidir con las principales entradas de agua detectadas durante la perforación.

Así mismo en el espacio interanular entre el revestimiento y la pared de la perforación se dispondrá en empaque de grava silícea que aumentará el efecto de filtrado.

Una vez concluidas las labores anteriores y previo al equipamiento del sondeo es necesario realizar un aforo o ensayo de bombeo en el mismo durante 48 h. para determinar la curva característica del pozo y el caudal óptimo de explotación. Igualmente y durante la realización del aforo se realizarán tres análisis de control de la calidad de las aguas extraídas, tomando muestras a la hora del comienzo del aforo, a las doce horas y a las 24 h.



Foto 10. Manantial de Azanaque

8.- CONCLUSIONES

- En la Sierra de Benadalid se han identificado dos compartimentos hidrogeológicos, posiblemente sin conexión hidráulica entre ellos.
- En el compartimento hidrogeológico septentrional (compartimento de Benadalid), no se ha observado ningún emplazamiento, dentro del término municipal de Benalauría, que permita situar un sondeo con el objetivo de explotar, con ciertas garantías, este compartimento..
- En el compartimento hidrogeológico meridional (Compartimento Benalauría-Algatocín), y dentro del término municipal de Benalauría, se ha situado un sondeo en las coordenadas X: 0295823 e Y: 4052135

9.- RECOMENDACIONES

- Es importante efectuar un detallado control geológico durante la realización del sondeo ya que se encuentra emplazado en una zona muy particular, afectada por una intensa tectónica que puede modificar drásticamente el espesor de las series carbonatadas.

Málaga, Octubre de 2008

Fdo: M^a Teresa Jiménez Navarro
GEÓLOGA

Fdo: Alfredo García de Domingo
GEÓLOGO

ANEXO III
ABASTECIMIENTO A ALAMEDA

INFORME HIDROGEOLOGICO PARA EMPLAZAMIENTO DE SONDEO EN ALAMEDA (MALAGA)

1.- OBJETO Y ANTECEDENTES

El objeto del presente estudio es localizar un emplazamiento adecuado, desde el punto de vista hidrogeológico, para llevar a cabo un sondeo de explotación de aguas subterráneas para abastecimiento a Alameda (Málaga).

La población actualmente cuenta con dos sondeos para su abastecimiento de agua, uno en su término municipal, conocido como pozo Cañada, y el otro, conocido como sondeo Llano Santo, en el de Mollina.

Durante el pasado verano comienzan a sucederse problemas de calidad en el agua de ambos pozos, presentando elevadas concentraciones de cloruros en el pozo de la Cañada y elevadas concentraciones de sulfatos en el pozo Llano Santo. En ambos casos se exceden los permitidos reglamentariamente desde el punto de vista sanitario, haciendo lo constar la propia autoridad sanitaria.

Se da así mismo la paradoja de que en septiembre de 2008 se agota totalmente el pozo de la Cañada, con lo cual únicamente cuenta el municipio de Alameda con el sondeo Llano Santo, sondeo que aunque no presenta problemas en la cantidad de agua que puede suministrar, si presenta problemas en la calidad de las mismas.

Ante esta situación el Ayuntamiento solicita a la Diputación Provincial de Málaga Ayuda Técnica para la realización de un estudio hidrogeológico de la

zona, que ayude a localizar zonas adecuadas para llevar a cabo una nueva captación de aguas subterráneas.

En el marco del convenio que la Diputación de Málaga tiene suscrito con el IGME, dicho organismo entra a formar parte de éstos trabajos, llevándose a cabo esta labor tanto por personal de la Diputación de Málaga como del instituto Geológico y Minero de España.

2.- SITUACIÓN GEOGRAFICA

El municipio de Alameda se localiza en la comarca en Antequera en la zona septentrional de la provincia de Málaga (Fig 1).

Se sitúa a 73 Km de distancia de Málaga. La extensión del Término Municipal es de 65 Km².

Presenta una población de derecho de 5017 habitantes.

Sus datos exactos de localización son:

Latitud: 37° 20'

Longitud: 4° 65'

Altitud: 430 m.s.n.m.

El acceso al núcleo de Alameda se puede realizar desde la autovía A-92, a través de las carreteras provinciales MA-6410 y MA-6409, o bien desde la autovía A-45 a través de la carretera MA-6415.

Hidrográficamente el municipio de Alameda corresponde a dos cuencas diferentes: por una parte el sector septentrional corresponde a la Cuenca del Guadalquivir, a través de la subcuenca del Genil, y por otra el resto del

municipio, que corresponde a la Cuenca Mediterránea Andaluza, drenando mayoritariamente hacia la subcuenca endorreica de la laguna de la Ratos.

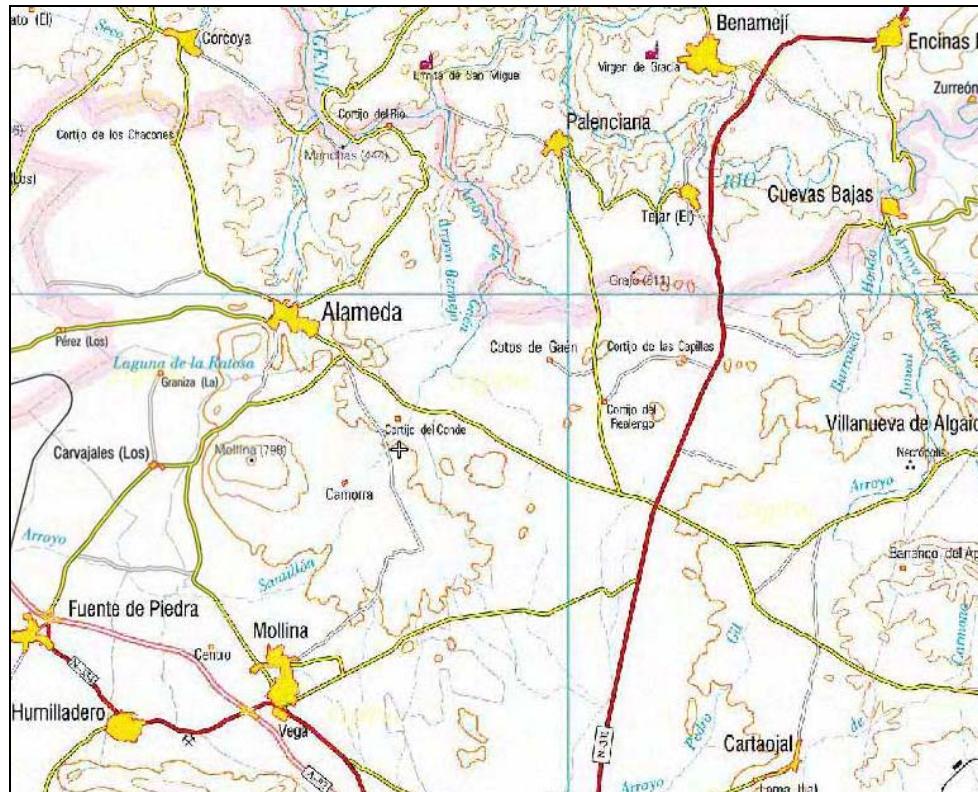


Fig. 1.- Plano de situación

3.- NECESIDADES HÍDRICAS

La demanda hídrica del municipio de Alameda para abastecimiento urbano se estima en base a la naturaleza rural de la población y el número de habitantes, teniendo en cuenta las dotaciones establecidas en el Plan hidrológico de la Cuenca Sur de España.

Para una dotación teórica de 250 l/hab/día y una población de derecho de 5426 hab (según datos del INE para 2008), la demanda hídrica sería de 1357 m³/día.

Para cubrir esta demanda sería necesario un caudal continuo de 15,7 l/sg.

4.- CARACTERÍSTICAS GEOLOGÍCAS

Desde el punto de vista geológico, el municipio de Alameda se sitúa al norte de la Sierra de Mollina, en la Sierra de la Camorra. Esta sierra queda emplazada en la Cordillera Bética, y concretamente en las Zonas Externas, formando parte del denominado Complejo Caótico Subbético, caracterizado por presentar una estructura interna caótica. Este olistostroma está constituido por una matriz de naturaleza arcillo-yesífera-salina, formada a expensas de materiales triásicos, que engloba bloques de tamaño muy variado, desde centimétrico a kilométrico, y naturaleza muy diversa, generalmente calco-dolomítica.

El nuevo sondeo se encuentra emplazado en uno de estos bloques, que

conforma la Sierra de la Camorra.

Los materiales que constituyen este bloque se han asociado al Jurásico. Están formados por una serie de calizas micríticas y oolíticas en el techo, de aspecto masivo o algo tableado, de tonos claros blancos y rosas que pasan, hacia el muro, a calizas micríticas masivas con laminación por algas. Este conjunto, en esta zona, se encuentra parcialmente dolomitizado con un espesor de unos 500 m.

La base de este conjunto calcáreo está constituida por una serie de dolomías masivas, generalmente muy brechificadas (Foto 1 y 2). Son dolomías de grano fino y tonos grises o cremas con restos de gasterópodos. Estos restos o sombras indican que los procesos de dolomitización son diagenéticos afectando a la caliza original con distintos grados de intensidad. El espesor de estos niveles dolomíticos es muy variable, con espesores máximos de unos 300 m, en esta zona.





Foto 1. Aspecto masivo de las dolomías jurásicas en superficie



Foto 2. Dolomías brechificadas del Jurásico

En los límites de este bloque se observa la matriz del Conjunto Caótico Subbético formado por arcillas-sales y yesos, procedentes de la resedimentación de materiales asociados a las Facies Keuper (Triásico superior).

Por encima y discordante sobre la serie anterior, se observa un conjunto detrítico formado por calcarenitas y margas, del Mioceno superior, y arenas, limos y arcillas del Cuaternario.

La estructura geológica de esta sierra, según la cartografía disponible de esta zona (Fig 2 y 3), conforma una serie monoclinal con buzamiento hacia el NO.



Foto 3. Sedimentos del Complejo Caótico Subbético

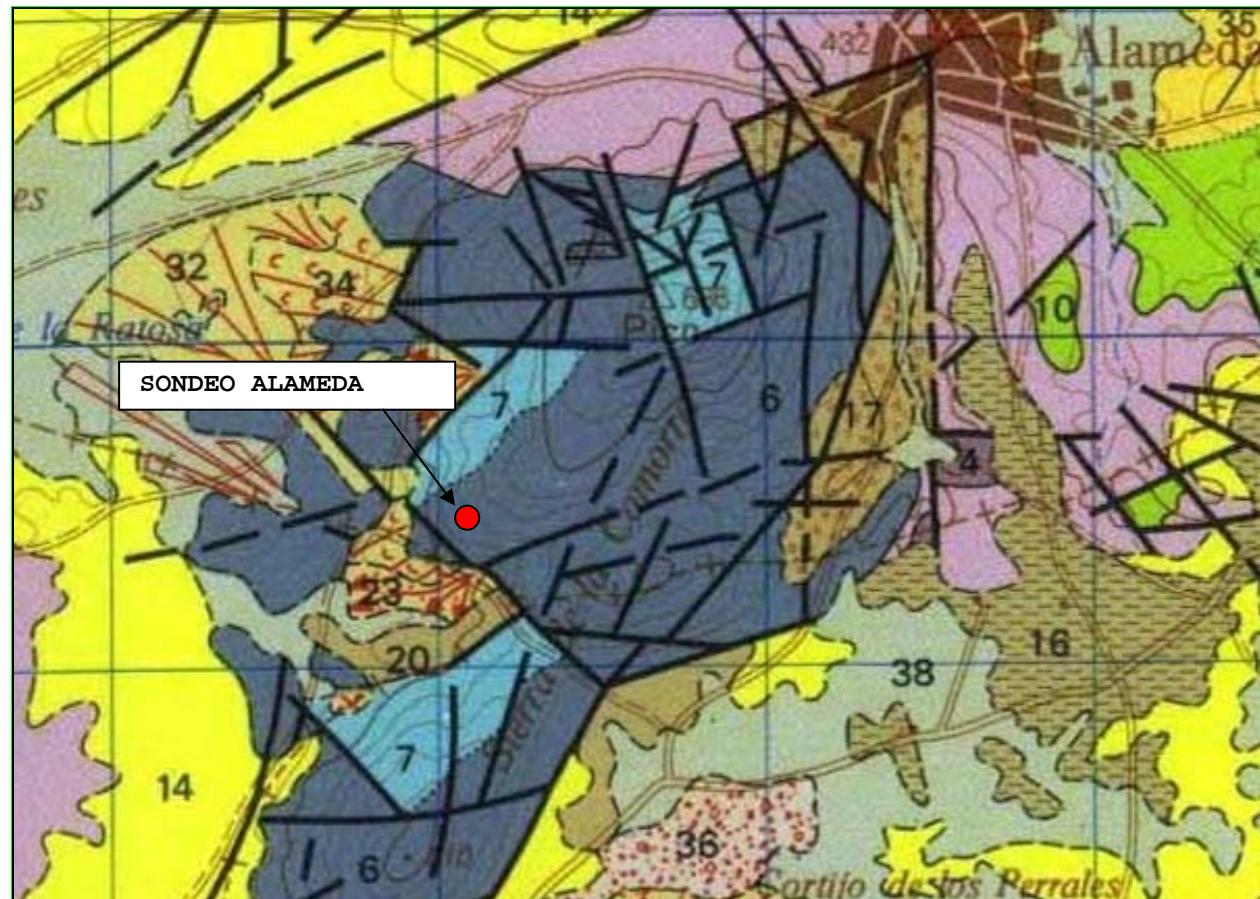
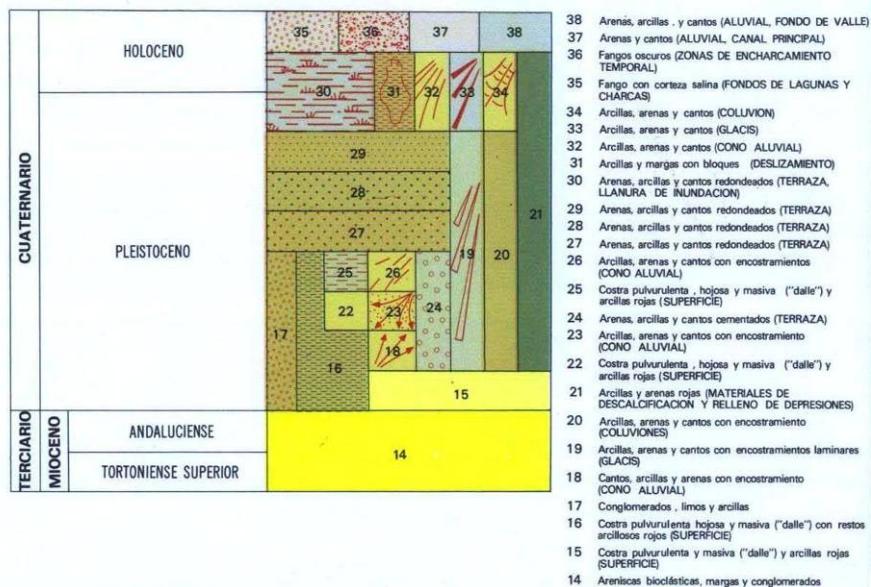


Fig. 2. Mapa Geológico a escala 1:50.000 (MAGNA) de la zona estudiada

LEYENDA

FORMACIONES POSTOROGENICAS



ZONA SUBBETICA

SUBBETICO MEDIO Y EXTERNO

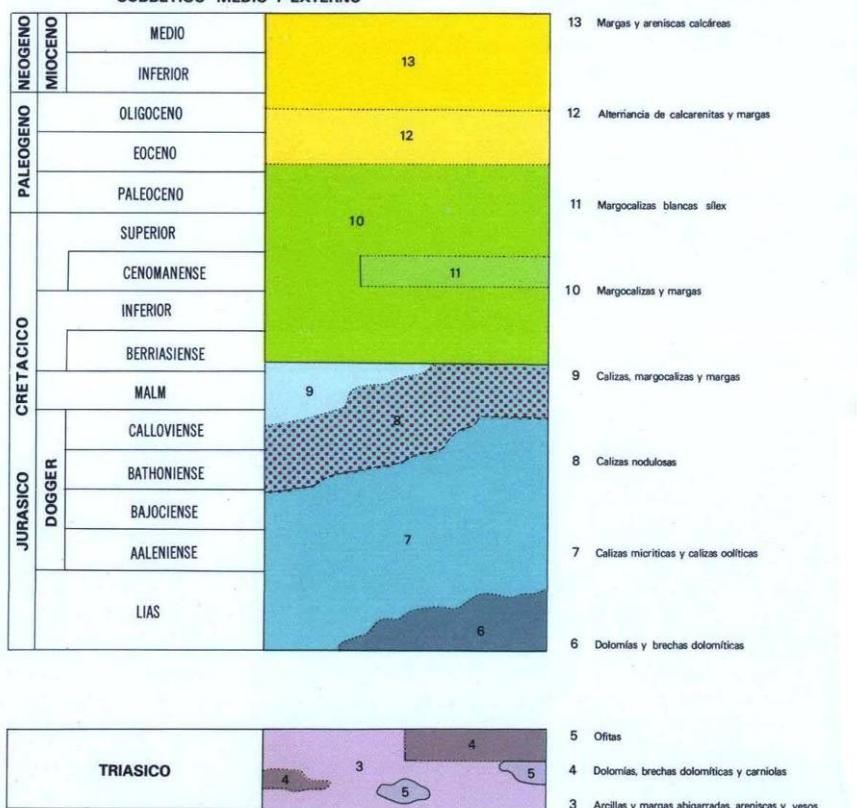


Fig 3.- Leyenda del Mapa Geológico a escala 1:50.000 (MAGNA)

Este sector se encuentra surcado por numerosas fracturas. La dirección principal de fracturación se define como NO-SE y su conjugada NE-SO (Falla del Collado).

Además existen fallas menos importantes con dirección N 70° E y N 10° E

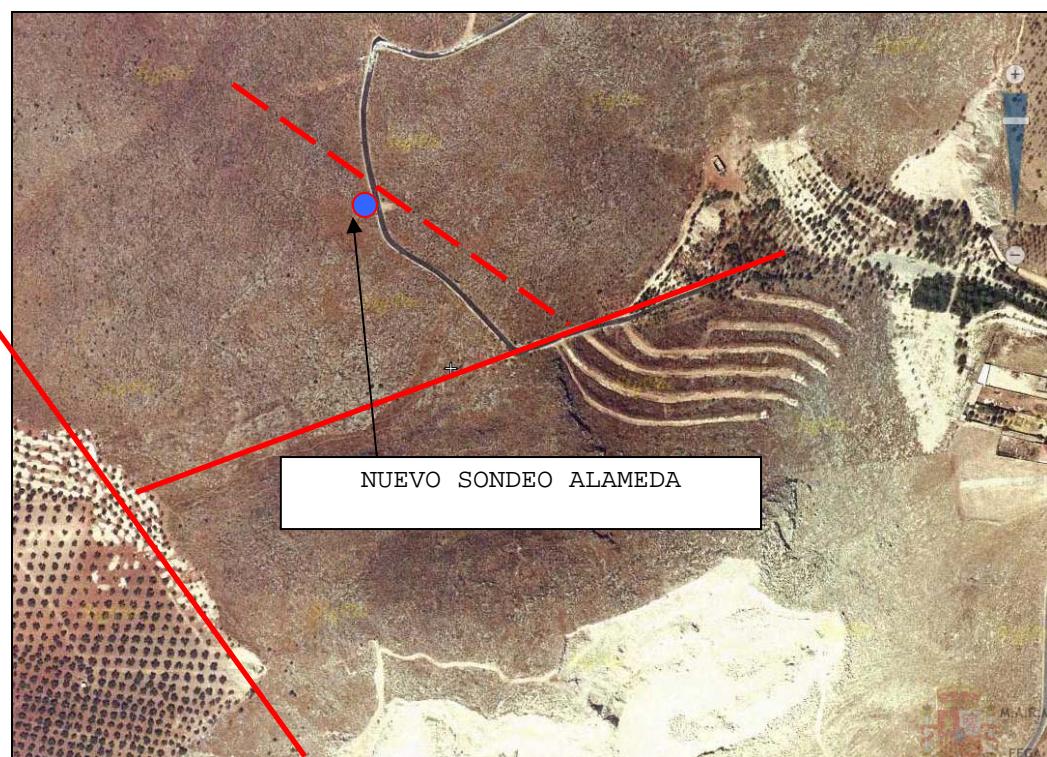


Fig. 4. Fracturación de la zona estudiada

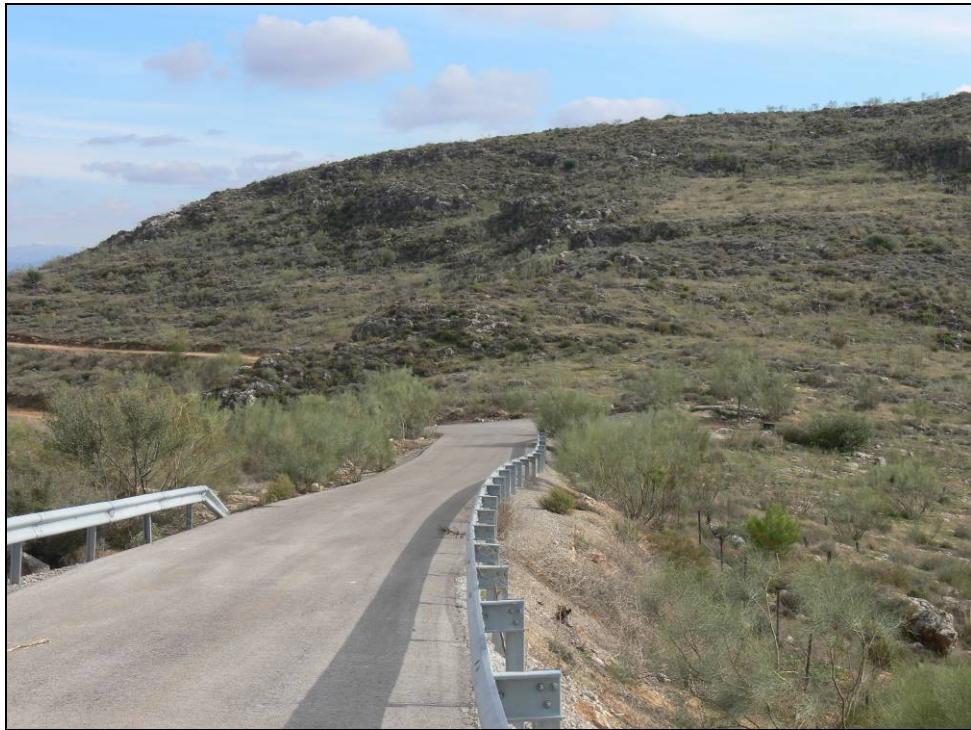


Foto 4. Fractura del collado

Es importante indicar que se han detectado en el collado por donde discurre la importante fractura con dirección NE-SO afloramientos de arcillas rojas, y posiblemente yesos (Foto 5), asignados a intrusiones de materiales de la matriz en el bloque calco-dolomítico que constituye el sustrato del bloque. Estos aflojamientos se localizan en la zona aterrazada que se observa en el ortofotoplano de la Fig 4.



Foto 5. Arcillas versicolores en la zona aterrazada

Un corte característico de los bloques de esta zona (Fig. 5) muestra la geometría de los límites de los bloques calcáreos, generalmente constituyen fallas inversas, y la prolongación de la matriz arcillosa constituyendo el sustrato del bloque.

...

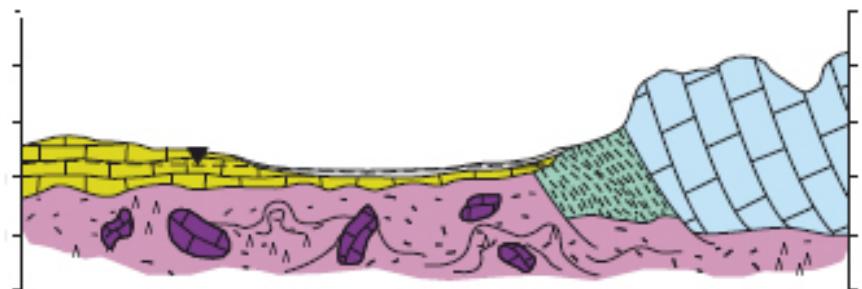


Fig. 5. Esquema de la disposición de los bloques calcáreos entre la matriz arcillo-

yesífero

5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Los materiales acuíferos en donde se ha emplazado el sondeo no se encuentran incluidos en ninguna Masa de Agua Subterránea definida. Las mas cercana es la denominada Fuente de Piedra (060.034) Fig. 6.

El acuífero principal es el constituido por las calizas y dolomías del Jurásico que conforman la Sierra de la Camorra .En sus proximidades de encuentra la Sierra de Mollina, considerada también como otro bloque cuyas características geológicas son similares a las descritas anteriormente. La continuidad hidrogeológica entre ambos bloques, en principio, son difíciles de establecer y necesitarían de estudios hidrogeológicos más precisos.

La permeabilidad de estos materiales esta condicionada por los procesos de karstificación que afectan a los niveles carbonatados. Estos procesos actúan con mayor importancia en los niveles dolomíticos más compactos y menos masivos (Foto 6).

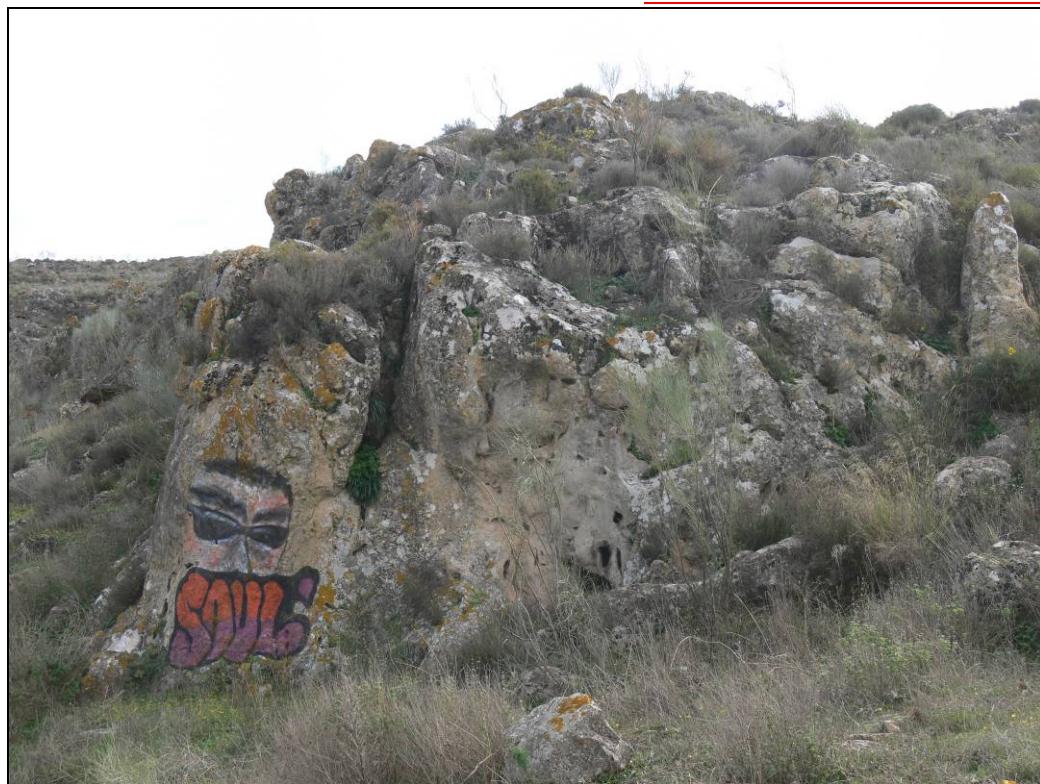


Foto 6. Karstificación en los niveles carbonatados

Las afecciones tectónicas, en esta zona, aunque importantes, parece que no llegan a compartimentar el acuífero aunque pueden suponer límites impermeables cuando, estas fracturas, se encuentran llenas de materiales arcillo-yesíferos de la matriz que asciende por procesos halocinéticos.

En contacto con los materiales carbonatados descritos anteriormente, se observa otro acuífero, de naturaleza detrítica, formado por las calcarenitas del Mioceno superior y los sedimentos detríticos del Cuaternario (Foto 7).

Hay que indicar que los yesos que constituyen la matriz del Complejo Caótico Subbético se encuentran, en esta zona, muy karstificados y constituyen un acuífero de naturaleza salina. Este acuífero puede contaminar tanto el acuífero calcáreo jurásico como el acuífero detrítico Mio-Cuaternario.

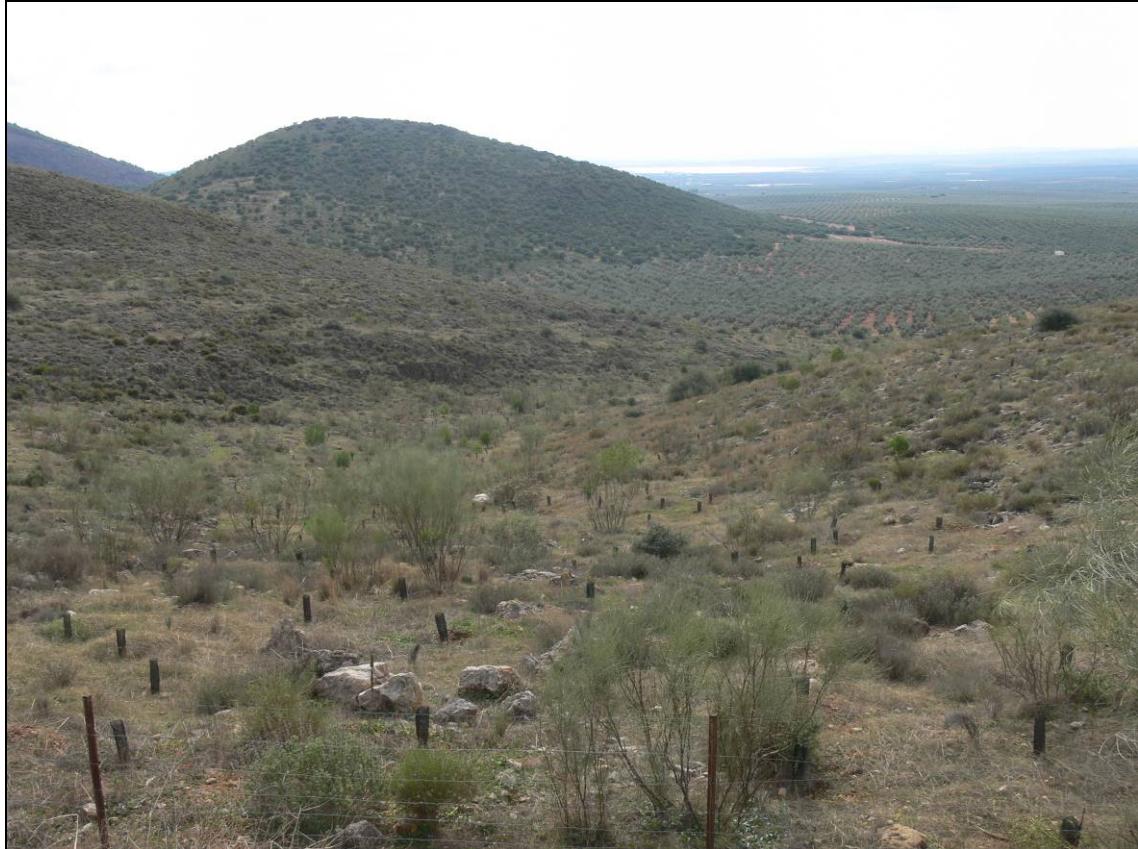
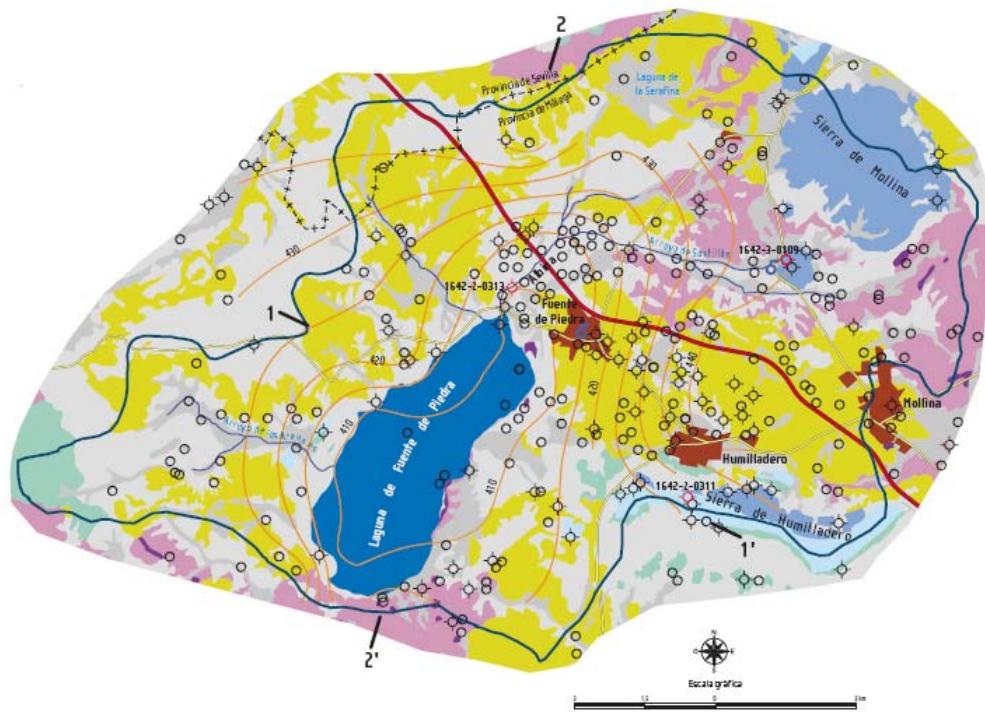


Foto 7. Al fondo acuíferos detríticos miocenos y cuaternarios



Leyenda																
Edad	Litología	Permeabilidad														
Formaciones post-orogénicas																
<table border="1"> <tr> <td>Cuaternaria</td> <td>B</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Mioceno Superior</td> <td></td> <td>6</td> </tr> </table>			Cuaternaria	B	7	Mioceno Superior		6								
Cuaternaria	B	7														
Mioceno Superior		6														
Zona Subbética																
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Cretáceo - Terciario</td><td>5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Jurásico</td><td>Dogger-Malm</td><td></td> </tr> <tr> <td>Lias</td><td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Triásico</td><td>3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Kaupe</td><td>1 2</td> </tr> </table>			Cretáceo - Terciario		5	Jurásico	Dogger-Malm		Lias	4	Triásico		3	Kaupe		1 2
Cretáceo - Terciario		5														
Jurásico	Dogger-Malm															
	Lias	4														
Triásico		3														
Kaupe		1 2														
	8 Aluvial	Alta														
	7 Indiferenciado	Media														
	6 Calcareitas, conglomerados y margas	Media														
	5 Margocalizas y margas	Baja														
	4 Calizas	Muy alta														
	3 Dolomías	Alta														
	2 Calizas y dolomías	Media - Alta														
	1 Arcillas y yesos	Baja - Media														

Fig. 6. Cartografía Hidrogeológica de la M.A.S. Fuente de Piedra (Atlas Hidrogeológico de Málaga, 2006)

6.- PROBLEMÁTICA HIDROGEOLÓGICA PLANTEADA

En esta zona, el mayor problema hidrogeológico planteado es la salinización de los acuíferos. Los análisis químicos efectuados en los pozos de abastecimiento actuales, a esta localidad, han puesto de manifiesto la presencia, entre otros, de altos contenidos de cloruros, sulfatos y hierro, además de presentar caudales escasos, en alguno de ellos.

Los altos valores de cloruros y sulfatos son debidos a la intrusión de agua salina, procedente de los acuíferos karstificados del Complejo Caótico Subbético (CCS), en los acuíferos miocenos, donde se encuentran los pozos de abastecimiento, y jurásicos.

Estos condicionantes dificultan la selección de un nuevo emplazamiento que minimice estas particularidades.

7.- SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

En la investigación para el nuevo emplazamiento se ha visitado y descartado los sectores próximos al contacto con el CCS y los acuíferos miocenos-cuaternarios ya que se encuentran en su mayor parte salinizados, seleccionándose los bloques carbonatados del jurásico como acuífero a explotar.

Es importante indicar que en estos acuíferos hay dos tipos de agua subterránea separados, posiblemente, por una zona de interfase agua dulce-agua salada. El agua dulce, menos densa que el agua salada, flota sobre ella formando un cuerpo con geometría lentejonar (Fig. 7).

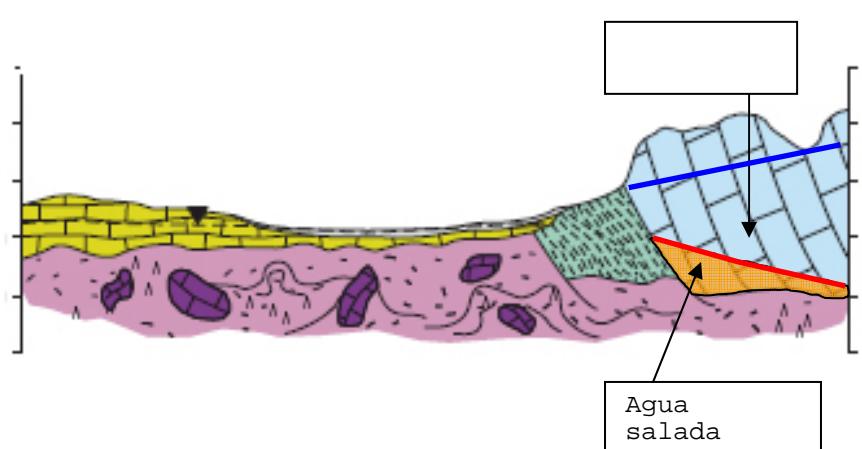


Fig 7. Distribución de agua dulce y salada en el acuífero

El acuífero seleccionado está constituido por las calizas y dolomías del Jurásico de la Sierra de la Camorra. El emplazamiento del nuevo sondeo se ha situado lo más centrado posible, con respecto al bloque calcáreo (Foto 8), tratando de que el espesor de agua dulce del acuífero mantenga la mayor dimensión posible. Con esto se trata de aprovechar la mayor cantidad de agua dulce y evitar las posibles intrusiones.

Teniendo en cuenta los niveles de los pozos contiguos, el nivel freático debe situarse entorno a los 160-200 m de profundidad, es decir a una cota comprendida entre 400 y 360 m s.n.m.

Es importante indicar que el caudal de explotación debe de mantener un equilibrio para que la zona de interfase entre agua dulce y salada no se desplace hacia el acuífero con agua dulce. Al bombear agua dulce la presión de equilibrio entre agua dulce y salada disminuye penetrando el agua salada hacia la superficie.

Estas consideraciones nos indican que es importante establecer, durante el

ensayo de bombeo, un caudal de explotación que mantenga el equilibrio entre agua dulce y salada, no provocando la entrada de agua salada en el sector de agua dulce del acuífero, como sucede en otras sierras próximas a esta, Sierra de Humilladero, en que la sobreexplotación de agua dulce en los acuíferos carbonatados jurásicos esta salinizando los tramos inferiores del acuífero.



Foto 8.- Situación del nuevo sondeo

8.- SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

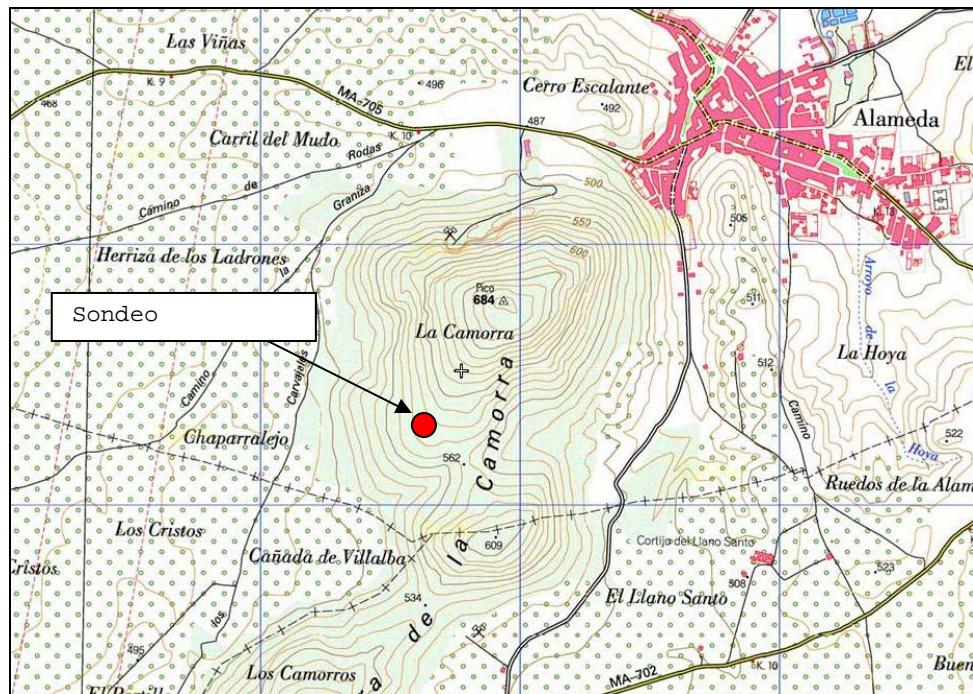


Fig. 8. Situación del sondeo propuesto

Para la captación de aguas subterráneas se propone la ejecución de un sondeo vertical con las siguientes características:

- Emplazamiento:

Coordenadas UTM: X: 0351647 Y: 4118296

Cota topográfica: 585 m.s.n.m.

Paraje: Sierra de la Camorra



Foto 9. Emplazamiento propuesto

El acceso se realiza desde la carretera antigua que conduce a Alameda y pasa por la cantera de la Camorra, se toma un desvío al oeste hacia un parque municipal. Existe un camino asfaltado que llega hasta la cumbre de la Sierra de la Camorra. Pasado la zona aterrazada y en el margen derecho del camino que sube (Fig. 9).

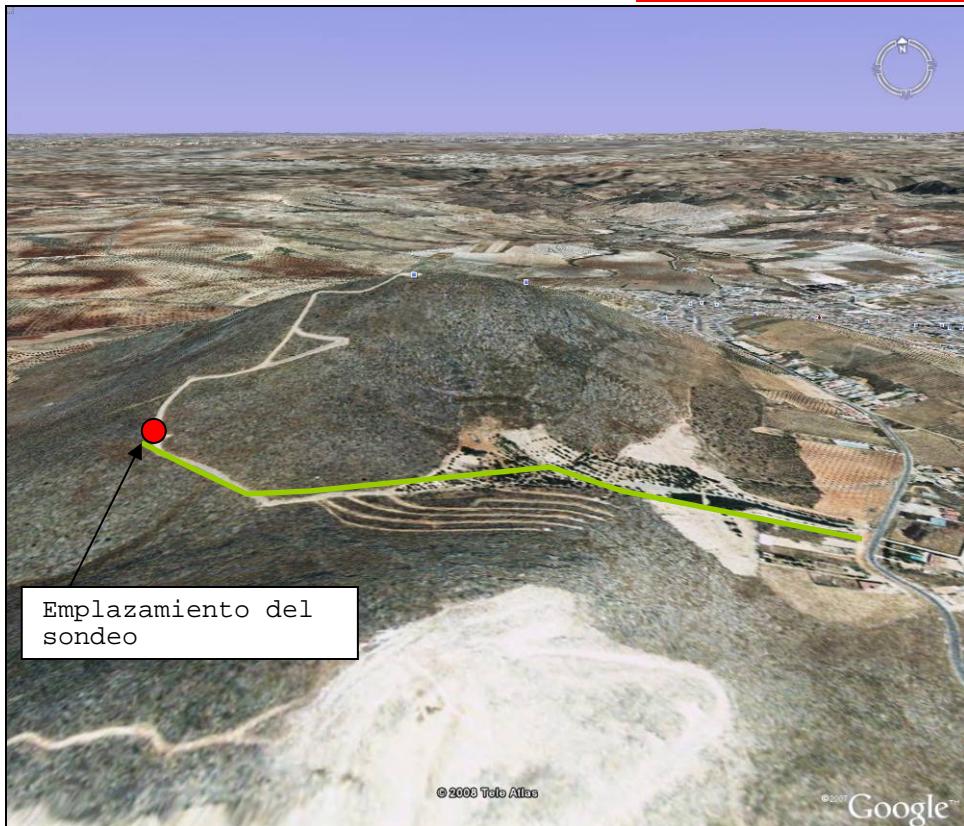


Fig. 9. Acceso al nuevo sondeo (imagen obtenida de Google Earth)

9.- OBRA QUE SE PROPONE

- Características de la obra

Tipo de obra: Sondeo Vertical

Profundidad: 250 m

Diámetro de perforación: primero se realizará un sondeo de investigación con diámetro 220 mm. Y en caso de resultar favorable se reperforará a diámetro 380 mm.

Al final del sondeo de investigación, previo al comienzo de las obras de reperforación se llevará a cabo toma de muestra del agua del

sondeo para realizar un análisis químico básico (hierro, cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos) que ponga de manifiesto la validez del mismo desde el punto de vista cualitativo.

Diámetro de revestimiento: 300 mm.

Filtro : En el revestimiento del sondeo se dispondrán tramos de tubería ranurada alternando con tramos de tubería ciega en el espesor de acuífero saturado en agua. Los tramos ranurados se harán coincidir con las principales entradas de agua detectadas durante la perforación.

Material del revestimiento: sería conveniente la disposición de un revestimiento con tubería de PVC, tanto en los tramos ciegos como en los de filtros.

Tapa de fondo: igualmente se recomienda disponer tapa en el fondo del pozo para evitar flujos desde las capas inferiores.

Así mismo en el espacio interanular entre el revestimiento y la pared de la perforación se dispondrá en empaque de grava silícea que aumentará el efecto de filtrado.

Una vez concluidas las labores anteriores y previo al equipamiento del sondeo es necesario realizar un aforo o ensayo de bombeo en el mismo durante 48 h. para determinar la curva característica del pozo y el caudal óptimo de explotación. Igualmente y durante la realización del aforo se realizarán tres análisis de control de la calidad de las aguas extraídas, tomando muestras a la hora del comienzo del aforo, a las doce horas y a las 24 h.

10.- CONCLUSIONES

- El agua del actual sondeo de abastecimiento a Alameda contiene, fundamentalmente, altas concentraciones de cloruros y sulfatos.
- Estas altas concentraciones de cloruros y sulfatos son debidas a la mezcla del acuífero carbonatado, que contiene agua dulce, con aguas procedentes del acuífero del Complejo Caótico Subbético, que contiene agua salada.
- El agua salada, dentro del acuífero, se encuentra emplazada por debajo del agua dulce perfilando una geometría lentejonar.
- El sondeo se ha emplazado en el sector central del bloque donde el agua dulce debe de tener más espesor, teniendo en cuenta las condiciones establecidas para la profundidad del sondeo.
- Este sondeo se ha situado en las coordenadas UTM: X: 0351647 Y: 4118296.
- Aunque no se esperan problemas de perforación, los niveles de dolomías masivas pueden provocar desprendimientos durante la misma.
- La explotación debe realizarse mediante caudales mínimos, establecidos en el ensayo de bombeo, con el fin de no provocar la entrada de agua salada situada en los tramos inferiores del acuífero.

11.- RECOMENDACIONES

- Seguimiento geológico del sondeo y levantamiento de la columna litológica, con vistas a parar la perforación en el caso de llegar cortar las arcillas y margas triásicas del sustrato que existen bajo las calizas y dolomías, para evitar la contaminación del agua por las sales presentes en estos materiales..
- Durante la perforación se considera necesario tomar muestras de agua del sondeo con el objetivo de conocer en profundidad las variaciones de la conductividad en las aguas del acuífero.
- Se considera necesario entubar el sondeo totalmente en PVC o acero inoxidable con el objetivo de paliar, en lo posible, la corrosión de la tubería de revestimiento.
- Es necesario establecer un régimen de bombeo que no provoque la entrada de agua salada en el acuífero

Málaga, Diciembre de 2008

Fdo: M^a Teresa Jiménez Navarro
GEÓLOGA

Fdo: Alfredo García de Domingo
GEÓLOGO

ANEXO IV

DETERMINACIONES ANALÍTICAS DE LAS MUESTRAS DE ABASTECIMIENTOS

Muestra	DQO	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.	R.S	NO2	NH4	PO4	SiO2	Temp	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb	As	Se	Hg
50-062 CAÑET-1	0.70	12.00	10.00	214.00	0.00	15.00	6.00	24.00	39.00	0.00	6.70	390.00	265.00	0.00	0.00	0.00	7.60	25.70	0.50	0.50	9.58	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
50-062 MONT-1	0.50	111.00	250.00	216.00	0.00	2.00	77.00	59.00	73.00	3.00	6.80	980.00	699.00	0.00	0.00	0.00	18.10	24.80	0.50	0.63	10.50	2.00	0.50	1.02	0.56	5.00	1.00	
50-041 VALG-1	0.60	93.00	56.00	89.00	0.00	18.00	47.00	12.00	44.00	2.00	7.80	715.00	507.00	0.00	0.00	0.00	8.20	16.20	0.50	1.21	12.00	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-044 MONT-1	0.50	10.00	7.00	153.00	0.00	13.00	3.00	4.00	52.00	0.00	6.90	267.00	191.00	0.00	0.00	0.00	7.20	24.70	0.57	0.56	16.20	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-045 ALPAN-1	0.70	6.00	4.00	86.00	0.00	11.00	4.00	3.00	30.00	0.00	8.00	287.00	203.00	0.00	0.00	0.00	2.40	16.80	0.50	23.70	45.20	2.00	0.50	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-046 FARAJ-1	0.50	4.00	980.00	76.00	0.00	3.00	6.00	58.00	356.00	0.00	7.60	2383.00	1687.00	0.00	0.00	0.00	10.50	42.70	1.00	1.00	8.13	4.00	1.00	1.00	1.00	10.00	2.00	
60-046 IGUA-1	0.70	4.00	1.00	104.00	0.00	4.00	4.00	8.00	23.00	0.00	7.90	330.00	215.00	0.00	0.00	0.06	3.80	10.10	0.50	0.50	5.98	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-046 ALOZ-1	0.90	12.00	7.00	187.00	0.00	4.00	6.00	23.00	27.00	0.00	6.70	342.00	226.00	0.00	0.00	0.00	5.40	16.10	0.50	0.50	9.15	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-046 CASA-1	0.50	13.00	15.00	169.00	0.00	4.00	6.00	18.00	39.00	0.00	6.70	341.00	219.00	0.00	0.00	0.00	7.30	21.50	0.50	0.50	8.56	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-046 CARR-1	0.50	11.00	113.00	140.00	0.00	4.00	7.00	32.00	39.00	0.00	6.60	456.00	314.00	0.00	0.00	0.00	8.40	18.20	0.50	0.50	10.60	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-046 ARDA-1	0.50	15.00	50.00	173.00	0.00	5.00	8.00	30.00	28.00	0.00	6.70	417.00	277.00	0.00	0.00	0.00	6.10	77.90	0.52	0.50	13.20	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-043 CBEC-1	0.50	10.00	7.00	153.00	0.00	13.00	6.00	4.00	52.00	0.00	6.60	308.00	210.00	0.00	0.00	0.00	7.20	24.10	0.50	0.50	8.32	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-043 BURG-1	0.70	5.00	14.00	122.00	0.00	6.00	3.00	2.00	47.00	0.00	7.50	294.00	195.00	0.00	0.00	0.00	4.40											
60-043 SERR-1	0.70	8.00	5.00	140.00	0.00	9.00	5.00	9.00	35.00	0.00	6.80	297.00	197.00	0.00	0.00	0.00	4.10	139.00	1.78	0.50	10.20	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-041 ALMA-1	0.80	240.00	56.00	191.00	0.00	9.00	115.00	41.00	50.00	1.00	6.70	1039.00	700.00	0.00	0.00	0.00	5.20	122.40	1.91	0.85	28.00	2.00	0.50	0.50	0.55	5.00	1.00	
60-041 CAÑET-2	0.50	11.00	15.00	205.00	0.00	12.00	7.00	32.00	21.00	0.00	6.70	400.00	263.00	0.00	0.00	0.00	8.40	22.70	0.50	2.69	9.53	2.00	0.50	0.50	0.68	5.00	1.00	
60-041-TEBA-2	0.50	13.00	119.00	166.00	0.00	10.00	10.00	29.00	54.00	0.00	6.60	523.00	378.00	0.00	0.00	0.00	12.40	25.30	0.50	0.99	24.60	2.00	0.50	0.50	5.00	5.00	1.00	
60-041 CAMP-1	0.70	55.00	22.00	205.00	0.00	12.00	27.00	29.00	43.00	0.00	6.70	518.00	347.00	0.00	0.00	0.00	6.90	0.50	0.68	0.50	9.10	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-042 ARR-1	0.50	10.00	19.00	156.00	0.00	11.00	5.00	5.00	55.00	0.00	6.60	328.00	239.00	0.00	0.00	0.00	8.60	23.50	0.50	0.50	8.87	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-030 VTAP-1	0.50	22.00	70.00	125.00	0.00	36.00	14.00	26.00	44.00	0.00	7.60	663.00	463.00	0.00	0.00	0.00	8.90	47.40	0.50	0.50	6.36	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-030 ARCH-1	0.50	58.00	20.00	88.00	0.00	18.00	20.00	11.00	37.00	0.00	7.60	577.00	401.00	0.00	0.00	0.00	6.00	69.10	0.50	0.50	7.37	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-065 MACH-1	0.60	58.00	84.00	148.00	0.00	28.00	49.00	34.00	24.00	1.00	7.80	823.00	578.00	0.00	0.00	0.00	13.60	114.00	17.10	2.00	11.40	2.99	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-063 FRIG-1	0.50	12.00	35.00	164.00	0.00	0.00	8.00	32.00	18.00	2.00	7.90	496.00	319.00	0.00	0.00	0.00	8.80	77.20	2.43	1.30	13.90	2.00	0.50	0.50	0.52	5.00	1.00	
60-065 CUT-1	0.60	54.00	148.00	117.00	0.00	12.00	43.00	26.00	56.00	2.00	7.70	781.00	571.00	0.00	0.00	0.00	10.70	97.80	0.85	0.50	4.13	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-033 ANT-1	0.70	161.00	24.00	116.00	0.00	68.00	53.00	33.00	53.00	1.00	7.60	981.00	699.00	0.00	0.00	0.00	23.80	395.00	3.63	15.90	25.70	4.00	1.00	1.60	1.00	10.00	1.00	
60-027 BENAMAR-1	0.60	64.00	157.00	93.00	0.00	14.00	48.00	27.00	51.00	2.00	7.60	817.00	605.00	0.00	0.00	0.00	12.20	####	24.70									

60-047 BEN-1	0.70	6.00	18.00	194.00	0.00	2.00	4.00	19.00	44.00	0.00	7.80	364.00	252.00	0.00	0.00	0.00	6.70	90.20	3.10	13.20	146.00	2.00	0.50	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-067 MON-1	0.50	7.00	50.00	206.00	0.00	2.00	5.00	27.00	48.00	0.00	7.80	417.00	287.00	0.00	0.00	0.00	13.40	25.40	0.50	2.20	17.30	2.00	0.50	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-038 BEN-2	0.50	9.00	23.00	189.00	0.00	3.00	7.00	22.00	39.00	0.00	7.90	358.00	241.00	0.00	0.00	0.00	4.80	#####	5.49	6.18	18.10	2.00	0.50	3.47	0.83	5.00	1.00	
60-067 IST-1	0.70	4.00	32.00	118.00	0.00	3.00	4.00	5.00	46.00	0.00	7.70	312.00	209.00	0.00	0.00	0.00	6.50	23.10	0.50	4.24	12.40	2.00	0.50	0.51	0.50	0.50	5.00	1.00
60-043 BUR-1	0.70	5.00	14.00	122.00	0.00	6.00	3.00	2.00	47.00	0.00	7.50	294.00	195.00	0.00	0.00	0.00	4.40	37.80	1.31	4.72	8.65	2.00	0.50	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-038 ALT-1	0.50	11.00	22.00	198.00	0.00	7.00	7.00	21.00	46.00	0.00	7.60	428.00	285.00	0.00	0.00	0.00	6.00	54.10	0.63	0.90	34.00	2.00	0.50	2.48	0.80	5.00	1.00	
60-037 ALT-2	0.50	17.00	12.00	222.00	0.00	11.00	13.00	37.00	23.00	0.00	7.70	429.00	287.00	0.00	0.00	0.00	41.70	49.60	0.68	0.73	8.44	5.13	0.50	0.50	1.70	5.00	1.00	
60-037 ALOR-1	2.10	900.00	500.00	176.00	0.00	8.00	424.00	75.00	280.00	6.00	7.80	3233.00	2141.00	0.00	0.00	0.00	19.00	#####	37.90	18.90	48.50	8.00	2.00	9.01	2.00	20.00	4.00	
60-065 ALM-2	0.50	87.00	149.00	241.00	0.00	4.00	47.00	55.00	68.00	3.00	7.60	876.00	609.00	0.00	0.00	0.00	14.70	#####	#####	1.66	29.90	2.00	0.50	5.59	0.50	5.00	1.00	
60-063 NER-2	0.50	9.00	61.00	119.00	0.00	2.00	7.00	7.00	56.00	0.00	7.50	371.00	258.00	0.00	0.00	0.00	5.90	27.40	0.50	0.50	26.70	2.00	0.50	1.51	0.50	5.00	1.00	
60-032 ANT-2	0.50	7.00	11.00	122.00	0.00	7.00	6.00	3.00	43.00	0.00	7.60	258.00	174.00	0.00	0.00	0.00	3.50	20.90	0.50	0.59	8.75	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-051 CSMARC-1	0.70	151.00	223.00	152.00	0.00	15.00	143.00	25.00	76.00	5.00	7.40	1062.00	725.00	0.00	0.00	0.00	3.60	821.00	37.70	4.81	377.00	2.00	0.50	0.56	0.76	5.00	1.00	
60-031 VRO-1	0.50	9.00	38.00	144.00	0.00	5.00	8.00	5.00	58.00	0.00	7.70	373.00	241.00	0.00	0.00	0.00	3.30	26.20	0.50	0.50	8.06	2.00	0.50	0.50	5.00	1.00		
60-037 PIZ-1	0.50	27.00	73.00	245.00	0.00	2.00	24.00	29.00	63.00	2.00	7.80	568.00	399.00	0.00	0.00	0.00	16.90	21.60	0.50	1.85	26.20	2.00	0.50	0.50	1.25	5.00	1.00	
60-063 NER-1	0.50	9.00	32.00	212.00	0.00	6.00	6.00	30.00	39.00	1.00	7.70	430.00	295.00	0.00	0.00	0.00	7.70	26.90	0.71	0.50	8.16	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-044 JIML-1	0.50	4.00	12.00	153.00	0.00	3.00	2.00	5.00	51.00	0.00	7.70	270.00	186.00	0.00	0.00	0.00	3.80	32.50	0.50	6.91	8.28	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-045 CART-1	0.60	3.00	6.00	142.00	0.00	4.00	2.00	6.00	43.00	0.00	7.50	288.00	194.00	0.00	0.00	0.00	6.30	22.10	0.50	1.22	7.46	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-048 RON-2	0.50	6.00	24.00	157.00	0.00	8.00	3.00	11.00	50.00	0.00	7.70	339.00	224.00	0.00	0.00	0.00	4.50	25.30	0.50	3.04	8.00	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-048 RON-1	0.50	4.00	174.00	174.00	0.00	4.00	5.00	21.00	100.00	0.00	7.70	599.00	414.00	0.00	0.00	0.00	8.00	56.10	0.50	2.22	11.00	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-067 OJEN-1	0.50	6.00	12.00	218.00	0.00	3.00	4.00	24.00	42.00	0.00	7.80	385.00	256.00	0.00	0.00	0.00	6.60	43.10	0.50	0.67	12.50	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-067 MARB-1	0.50	9.00	20.00	117.00	0.00	2.00	6.00	1.00	48.00	0.00	7.90	275.00	189.00	0.00	0.00	0.00	5.40	22.50	0.50	0.54	15.80	2.00	0.50	1.46	0.50	5.00	1.00	
60-040 MARB-2	0.90	48.00	75.00	460.00	0.00	6.00	39.00	92.00	35.00	2.00	7.80	858.00	592.00	0.00	0.00	1.20	87.00	#####	#####	1.61	232.00	6.46	0.50	4.05	8.07	5.00	1.00	
60-040 CAS-1	0.50	12.00	30.00	193.00	0.00	4.00	8.00	21.00	46.00	0.00	8.00	415.00	281.00	0.00	0.00	0.00	10.60	60.20	1.74	0.53	22.60	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-040 CAS-2	0.60	8.00	12.00	148.00	0.00	2.00	5.00	33.00	3.00	0.00	8.10	254.00	170.00	0.00	0.00	0.00	29.50	34.40	0.52	2.08	9.49	5.97	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00	
60-038 ALHG-1	0.60	11.00	71.00	143.00	0.00	3.00	7.00	32.00	29.00	0.00	7.80	531.00	364.00	0.00	0.00	0.00	4.30											
60-041 ALMA-1B	1.00	340.00	42.00	290.00	0.00	9.00	210.00	37.00	78.00	2.00	7.70	1423.00	1005.00	0.00	0.00	0.00	4.90	299.00	2.85	3.39	200.00	4.00	1.00	1.47	1.00	10.00	2.00	
60-042 ARR-1B	0.70	8.00	56.0																									

60-051 CSMARC-1B	0.50	44.00	30.00	185.00	0.00	20.00	28.00	11.00	67.00	0.00	7.80	550.00	392.60	0.00	0.00	0.00	10.10	72.30	0.60	0.50	10.50	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-033 CBAJ-1B	6.20	#####	105.00	222.00	0.00	0.00	####	63.00	74.00	49.00	7.80	7423.00	5128.40	0.00	2.30	0.00	17.50	#####	#####	5.00	40.20	20.00	5.00	5.00	5.00	50.00	10.00
60-033 ANT-1B	0.70	139.00	29.00	203.00	0.00	74.00	69.00	33.00	75.00	1.00	7.40	899.00	615.60	0.00	0.00	0.00	35.70	30.30	0.50	2.67	26.00	2.00	0.50	0.73	0.50	5.00	1.00
50-041 VALG-1B	0.60	87.00	54.00	182.00	0.00	18.00	48.00	17.00	73.00	2.00	7.40	711.00	489.80	0.00	0.00	0.00	12.80	20.40	0.50	4.66	15.40	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-029 ALFTE-1B	0.50	3.00	7.00	144.00	0.00	9.00	2.00	4.00	49.00	0.00	7.70	287.00	196.60	0.00	0.00	0.00	8.00	130.00	1.15	29.70	104.00	2.00	0.50	2.23	0.50	5.00	1.00
60-029 RIOG-1B	0.90	38.00	88.00	136.00	0.00	7.00	29.00	16.00	58.00	1.00	7.60	533.00	365.40	0.00	0.00	0.00	1.90	146.00	9.54	1.04	6.84	2.00	0.50	0.59	0.97	5.00	1.00
60-034 MOLL-1B	0.50	76.00	91.00	208.00	0.00	24.00	39.00	35.00	73.00	0.00	7.70	738.00	519.20	0.00	0.00	0.00	11.80	20.80	0.50	0.76	10.40	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-035 TEBA-1B	0.60	167.00	212.00	196.00	0.00	20.00	112.00	41.00	99.00	4.00	7.50	1161.00	797.20	0.00	0.00	0.00	7.50	26.70	0.53	0.50	4.17	2.00	0.50	0.50	0.50	5.00	1.00
60-041-TEBA-2B	0.60	5.00	120.00	194.00	0.00	9.00	10.00	24.00	77.00	0.00	7.50	588.00	374.00	0.00	0.00	0.00	12.20	29.60	0.50	0.97	21.00	2.00	0.50	0.50	0.52	5.00	1.00
60-063 FRIG-1B	0.60	7.00	14.00	241.00	0.00	3.00	6.00	35.00	31.00	1.00	7.60	458.00	302.60	0.00	0.00	0.00	5.30										
60-032 ANT-2B	0.50	8.00	5.00	120.00	0.00	8.00	6.00	4.00	39.00	0.00	7.60	255.00	171.00	0.00	0.00	0.00	3.40										
60-032 ALM-1B	0.60	10.00	9.00	137.00	0.00	14.00	8.00	4.00	48.00	0.00	7.70	303.00	202.20	0.00	0.00	0.00	5.60										
60-065 ALM-2B	0.60	55.00	131.00	230.00	0.00	5.00	41.00	46.00	58.00	3.00	7.60	764.00	553.20	0.00	0.00	0.00	13.60										
60-065 TOTA-1B	0.90	28.00	56.00	200.00	0.00	25.00	42.00	15.00	57.00	0.00	7.60	536.00	379.60	0.00	0.00	0.00	19.80										
60-030 ARCH-1B	0.50	79.00	28.00	235.00	0.00	21.00	42.00	13.00	89.00	0.00	7.50	658.00	449.40	0.00	0.00	0.00	8.80										
60-027 BENAMAR-1B	0.60	47.00	174.00	236.00	0.00	18.00	46.00	45.00	66.00	3.00	7.60	866.00	601.80	0.00	0.00	0.00	18.80										
60-047 BEN-2B	0.50	4.00	5.00	242.00	0.00	3.00	4.00	20.00	52.00	1.00	7.70	369.00	254.20	0.00	0.00	0.00	5.90										
60-038 BEN-2B	0.7	12.00	18.00	176.00	0.00	5.00	8.00	19.00	39.00	0.00	7.50	360.00	236.80	0.00	0.00	0.00	4.70										
60-066 PER-3B	0.70	37.00	43.00	212.00	0.00	45.00	31.00	30.00	52.00	1.00	7.60	565.00	381.80	0.00	0.00	0.00	16.60										
60-067 GUA-1B	0.70	15.00	42.00	199.00	0.00	2.00	10.00	16.00	61.00	1.00	7.50	407.00	272.40	0.00	0.00	0.00	12.00										
60-040 MARB-2	0.90	52.00	83.00	460.00	0.00	6.00	43.00	93.00	36.00	2.00	8.10	905.00	633.00	0.00	0.00	0.00	75.00										
60-037 ALT-2B	0.60	19.00	30.00	237.00	0.00	9.00	14.00	43.00	26.00	0.00	8.10	425.00	275.80	0.00	0.00	0.00	39.90										
60-038 ALT-1B	0.50	12.00	28.00	15.00	0.00	6.00	8.00	24.00	42.00	0.00	7.90	383.00	256.80	0.00	0.00	0.00	6.30										
60-067 MARB-1B	0.70	17.00	20.00	146.00	0.00	1.00	6.00	8.00	51.00	0.00	7.80	274.00	175.80	0.00	0.00	0.00	4.80										
60-067 IST-1B	0.60	10.00	31.00	132.00	0.00	2.00	4.00	11.00	44.00	0.00	7.80	277.00	182.60	0.00	0.00	0.00	6.00										
60-067 OJEN-1B	0.50	12.00	17.00	174.00	0.00	0.00	5.00	17.00	42.00	0.00	7.80	311.00	203.00	0.00	0.00	0.00	5.70										
60-039 MIJ-1B	0.70	67.00	110.00	338.00	0.00	62.00	52.00	51.00	96.00	0.00	7.80	923.00	614.80	0.00	0.00	0.00	34.60										
60-040 CAS-1B	0.5	19.00	31.00	239.00	0.00	3.00	9.00	28.00	54.00	7.90	40.00	288.20	200.00	0.00	0.00	0.00	10.40										
60-047 GAU-1B	0.80	16.00	59.00	249.00	0.00	2.00	6.00	38.00	54.00	0.00	7.70	474.00	298.00	0.00	0.00	0.00	8.30										
60-047 BENRR-1B	0.70	10.00	52.00	86.00	0.00	8.00	8.00	7.00	42.00	1.00	8.00	292.00	193.60	0.00	0.00</td												