



Fornes-Azcoiti, J.M.; Jiménez-Sánchez, J.; Martín-Montañés, C.; Rubio-Campos, J.C.; Martos-Rosillo, S. y Hueso-Quesada, L.M., 2011. *Informe de caracterización hidrogeológica y propuesta de protección de manantiales y lugares de interés hidrogeológico (Cádiz)*.



**PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS
HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS
RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)**

CA-4 MANANTIAL DE BENAMAHOMA Y RÍO DEL BOSQUE



CA-4 Manantial de Benamahoma y río del Bosque

Dirección y coordinación: Estirado Oliet, M.; Rubio Campos, J.C.; Espina Argüello, J.; García Padilla, M.; Fernández-Palacios Carmona, J.M.; Cañizares García, M.I.

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

1.- SITUACIÓN Y USOS DEL AGUA

El manantial del Nacimiento de Benamahoma, con nº de registro nacional del IGME 144110002 y referencia CA4 en el Plan de conservación, se encuentra en la pedanía de Benamahoma (término municipal de Grazalema). Su acceso se realiza por la carretera local de El Bosque a Grazalema; en el km 37 se toma el desvío hacia Benamahoma y una vez atravesado el pueblo, en la misma carretera se encuentra el manantial. Sus coordenadas UTM son las siguientes:

XUTM: 280278

YUTM: 4072129

Z: 430 m s.n.m.

Se incluye en la hoja nº 1050 (escala 1:50.000), hoja nº 1050-I (escala 1:25.000) y hoja nº 1050-12 (escala 1:10.000). El acceso al manantial no tiene dificultades y no presenta restricciones al público. Está ubicado en la masa de agua subterránea 062.004 Sierra de Grazalema-Prado del Rey, de naturaleza carbonatada..

Desde El Bosque o Grazalema, se accede a la localidad de Benamahoma. El manantial, anunciado a la entrada de la población, se encuentra en el extremo NE de la misma, junto al Museo del Agua (IGME-AAA, 2008)

El agua del Nacimiento de Benamahoma tiene múltiples usos. Se utiliza para abastecimiento de la población de Benamahoma, para la piscifactoría situada a su pie –junto al río Majaceite, llamado también en este tramo arroyo de la Breña hasta su unión con el arroyo del Descansadero-, así como para el camping y la piscina municipales, y en el riego de huertas. El agua de la fuente de los Tres Chorros, situada más cerca del núcleo urbano, también procede del Nacimiento. Se ha utilizado asimismo en épocas de sequía, para abastecimiento a la localidad de Grazalema, mediante su transporte con camiones cisternas (IGME-AAA, 2010).

Todas las poblaciones incluidas en el ámbito del Parque Natural se abastecen de agua subterránea, proporcionada directamente por derivaciones de parte del caudal drenado por manantiales o a través de sondeos. El total de recursos de agua subterránea explotados directamente es de unos 3,2 hm³/año (IGME-AAA, 2010).

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)



Alberca del manantial del nacimiento de Benamahoma (Crisanto Martín Montañés)

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

Plano de situación realizado en ARCMAP:

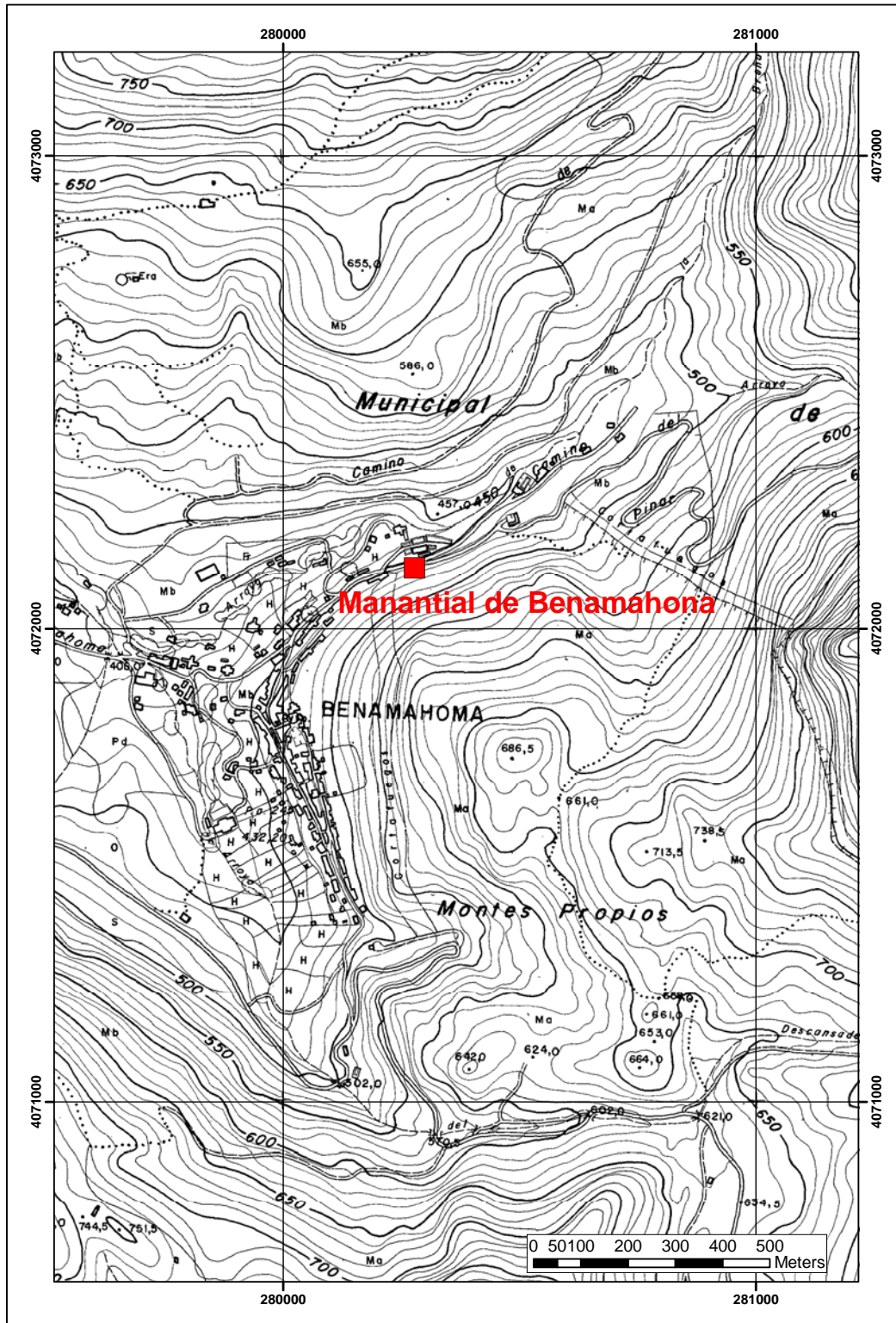


Figura 1: Plano de situación topográfico. Escala original 1:10000

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

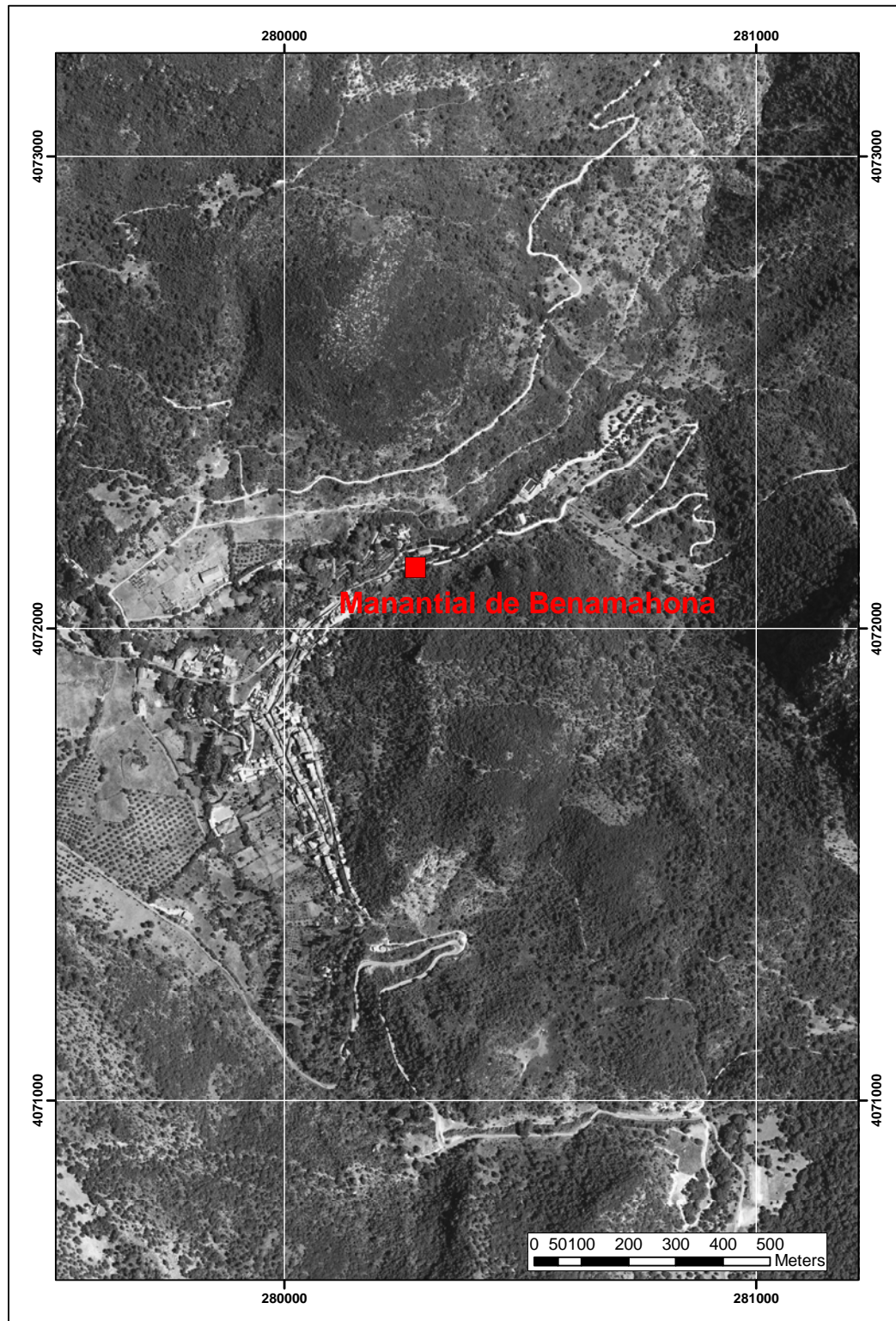


Figura 2: Plano de situación ortofoto. Escala original 1:10000

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

2.- REFERENCIAS HISTÓRICAS

Según la bibliografía consultada, el antecedente más notable que se tiene de este manantial es la declaración de agua minero-medicinal, por el Ministerio de Industria (Dirección General de Minas), con fecha 9 de enero de 1971. Posteriormente es presentada en la Delegación Provincial de la Consejería de Fomento y Trabajo de la provincia de Cádiz, una solicitud de concesión de explotación. El concurso para la concesión de la citada explotación fue publicado en el B.O.J.A. nº 78 de fecha 7 de octubre de 1988, en el B.O.E. nº 263 del 2 de noviembre de 1988 y en el B.O. Provincia de Cádiz nº 262 del 12 de noviembre de 1988. Actualmente el manantial del Nacimiento de Benamahoma es utilizado para consumo de la población de Benamahoma y sus aguas alimentan la piscifactoría truchera situada en el núcleo urbano, sin tener ni haber tenido nunca uso terapéutico alguno (IGME-JA, 1991).

En el edificio de la piscifactoría de Benamahoma, hubo anteriormente un batán y una fábrica de sillas; esta última en funcionamiento hasta finales de los años cincuenta del pasado siglo XX. Ambas obtenían la energía para sus procesos fabriles, del agua del manantial. El actual Museo del Agua, situado a poca distancia de la piscifactoría, aprovecha la estructura del antiguo molino de los Capitalistas. Aproximadamente a un 1 km del citado museo y por un camino junto al río Majaceite, se encuentra un panel explicativo sobre los batanes del río. A poco más de 500 m, aparecen dos antiguos batanes en ruinas: Batán de Arriba y Batán de Abajo. El primero de ellos también debió ser utilizado como molino, a tenor de la piedra de molienda que se encuentra en su interior (IGME-AAA, 2010).

Muy próximo al Centro de Visitantes y a la Oficina del Parque Natural, se encuentra el Molino de Abajo. Se trata de un “molino harinero que data del siglo XVIII. Reconvertido en espacio museístico, está en perfecto estado de conservación y mantiene su estructura original, permitiendo mostrar su funcionamiento tal como lo hacía originalmente. Cuenta asimismo con un taller para la elaboración de pan. El molino es movido por la energía hidráulica del río Majaceite, que llega tras recorrer un *cao* o acequia, de 500 m de longitud. El *cao* transcurre actualmente bajo tierra desde el antiguo Molino de En medio hasta pocos metros antes de llegar al Molino de Abajo, aunque hace años se encontraba enteramente a ras de suelo, aprovechándose también como lavadero. Al llegar al molino, tras abrir la compuerta de entrada, el agua cae por un desnivel de 6 m, denominado *cubo*, con lo que el agua transmite su energía a una serie de cucharas unidas a un eje vertical, el *rodezzo*, que permite poner en movimiento a las piedras del molino. El *cárcavo* es el hueco, normalmente en forma de bóveda, donde se aloja el *rodezzo*; una vez movido éste, el agua es devuelta al cauce. La piedra superior o *volandera* colocada sobre una piedra fija, la *solera*-, se pone en movimiento y va molturando el trigo que cae desde la tolva. Según la proximidad de las piedras, se obtiene una harina más o menos fina. La separación de las piedras se controla mediante un *tornillo*, que permite que la viga de soporte suba o baje la piedra *volandera*” (IGME-AAA, 2010).

A principios del siglo XX, había en Benamahoma tres fábricas de fundir y laminar cobre, donde se elaboraban calderos y distintos utensilios, y se hacían chapas de bronce y otras aleaciones destinadas a los puertos de Cádiz y Málaga para la construcción de barcos. La más conocida y documentada de estas instalaciones es la que ocupaba la finca de El Martinete, que disponía de fragua para fundir metales y un mazo de 40 kilos que, movido por el agua del río Majaceite, moldeaba las piezas de cobre destinadas al uso cotidiano de los habitantes de la comarca (IGME-AAA, 2010).

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

3.- FLORA Y FAUNA ASOCIADA

En el nacimiento de Benamahoma existen algunas poblaciones del musgo *Eucladium verticillatum* sobre algunas de las piedras que sobresalen en el cauce, pero sobre todo destacan las plantas subacuáticas de la comunidad de berro y apio silvestre y las masas verde oscuras de la planta *Zannichellia contorta*. Su interés ecológico es alto.



Alberca del manantial del nacimiento del Benamahoma (Crisanto Martín Montañés)

En el Parque, aunque no existen grandes edificios travertínicos en formación, son relativamente frecuentes los rezumes en pequeñas surgencias laterales a cauces de ríos y arroyos que transcurren por rocas carbonatadas, o los que se producen en desniveles de cauces. El travertino en formación de mayor magnitud se encuentra en las proximidades de la localidad de Benamahoma (IGME-AAA, 2010).



PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

Formas pseudoestalactíticas, originadas por precipitación de carbonato cálcico alrededor de tallos.

Travertino del molino del Susto, Benamahoma (IGME-AAA, 2010)

En las surgencias naturales, se puede llegar a formar una cubeta o poza en la caída del agua, y un cauce por el que ésta discurre. En los bordes de la cubeta aparece vegetación helofítica o palustre, con la base de los tallos sumergida y que, incluso, soporta un cierto grado de inundación. Estas comunidades varían según la naturaleza del sustrato, el grado de eutrofia de las aguas y la movilidad de la masa de agua. Son asiduos componentes de este tipo de vegetación el berro de agua, la violeta acuática y el apio, que con frecuencia aparecen acompañadas de diversas especies de gramíneas. En algunos manantiales se llegan a distinguir con relativa facilidad, plantas acuáticas sumergidas en su fondo o en contacto con la lámina de agua, igual que las que se aprecian en tramos de cauces más alejados de surgencias (IGME-AAA, 2010).

Muchos manantiales están acondicionados para su uso como fuentes, a menudo con piletas adosadas para ser utilizadas también como abrevaderos por el ganado. El quimismo del agua, su escasa velocidad de circulación, la profundidad de las piletas y la limpieza de su fondo con objetivo de mantenerlas limpias, son los principales aspectos que condicionan la vegetación que se instala en estos ambientes. En las fuentes o en sus inmediaciones es frecuente encontrar desde formaciones de berros y apio silvestre hasta juncuales y zarzales, así como comunidades de rezume en los huecos y paredes por donde sale el agua, como el culantrillo de pozo y distintos musgos (IGME-AAA, 2010).

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

4.- CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO-GEOLÓGICO

El manantial de Benamahoma se encuentra en el acuífero de El Bosque, dentro del conjunto Pinar-Monte Prieto-El Bosque.

En el Parque Natural se encuentran representados materiales de las Zonas Externas y de las Unidades del Campo de Gibraltar. Los primeros, según su proximidad al continente (Macizo Ibérico), se diferencian en Prebético y Subbético. Ambas zonas quedan separadas por el llamado Dominio Intermedio que, depositado en un surco submarino profundo, se interponía entre las áreas marinas donde se formaron los materiales del Prebético y Subbético. En el Subbético se distinguen de norte a sur, el Subbético Externo, Medio e Interno (denominado Penibético en este sector occidental de la Cordillera) (IGME-AAA, 2010).

La Sierra de Grazalema presenta, por tanto, una gran complejidad geológico-estructural. El Nacimiento de Benamahoma se ubica en el acuífero de El Bosque que, con una superficie de unos 16 km², se sitúa al este de la localidad de El Bosque, al sur del acuífero de Zafalgar-Labradillo e inmediatamente al oeste del de Pinar-Monte Prieto, con el que está en contacto. Se desarrolla sobre formaciones carbonatadas jurásicas del Subbético Medio, con superposición de cabalgamientos y pliegues e importantes fracturas. El acuífero se muestra fuertemente compartimentado, resultando sectores de funcionamiento hidráulico relativamente independientes entre ellos. La secuencia jurásica está limitada por los materiales impermeables del Trias y por las margas del Cretácico inferior (IGME-AAA, 2010).

Se disponen de pocos datos de parámetros hidrogeológicos, al ser muy escasa la presencia de sondeos. En la calibración del modelo matemático de flujo de la Sierra de Grazalema realizado por el IGME en 1984, se ajustaron transmisividades que van desde los 1×10^{-3} a 6×10^{-3} m²/s, y una porosidad eficaz del 1%, si bien el ajuste de las curvas de agotamiento de los manantiales indicaba que esta variable presentaba una media de 0,3% (...); el sondeo de abastecimiento a Grazalema en las calizas del Corredor de Boyar, presenta una transmisividad de 6×10^{-4} m²/s (IGME-Diputación de Cádiz, 2005).

La recarga se produce por la infiltración de la lluvia y, posiblemente, a través de entradas laterales subterráneas procedentes del acuífero de Pinar-Monte Prieto. La descarga se realiza por un conjunto de manantiales situados en su borde occidental (Vihuelo, Quejigo y Fuente Santa) y meridional (El Gorito y La Máquina). La surgencia más importante, el Nacimiento de Benamahoma, se sitúa en el borde norte del acuífero, muy próximo al de Pinar-Monte Prieto, por lo que tal vez llegue a representar salidas procedentes también de aportaciones de ese acuífero; su caudal medio es superior a los 350 l/s (IGME-AAA, 2010).

Los recursos hídricos subterráneos del Parque Natural de Sierra de Grazalema proceden de la infiltración del agua de lluvia que cae sobre los afloramientos permeables, de las pérdidas de cauces fluviales y de transferencias de agua desde otros acuíferos. Las salidas se producen a través de tres vías: manantiales y aportaciones a los ríos cuando estos atraviesan formaciones acuíferas, por aportaciones a otros acuíferos y mediante la extracción de recursos por bombeo. Las primeras son las de mayor importancia. Las salidas por bombeos se destinan a abastecimiento de la población; no se conocen sondeos en explotación para uso agrícola.

El balance hídrico resultante para el año medio del periodo 1967-1996 en la Sierra de Grazalema, es el siguiente (DGOHCA, 1998):

ENTRADAS

(Infiltración de agua de lluvia):

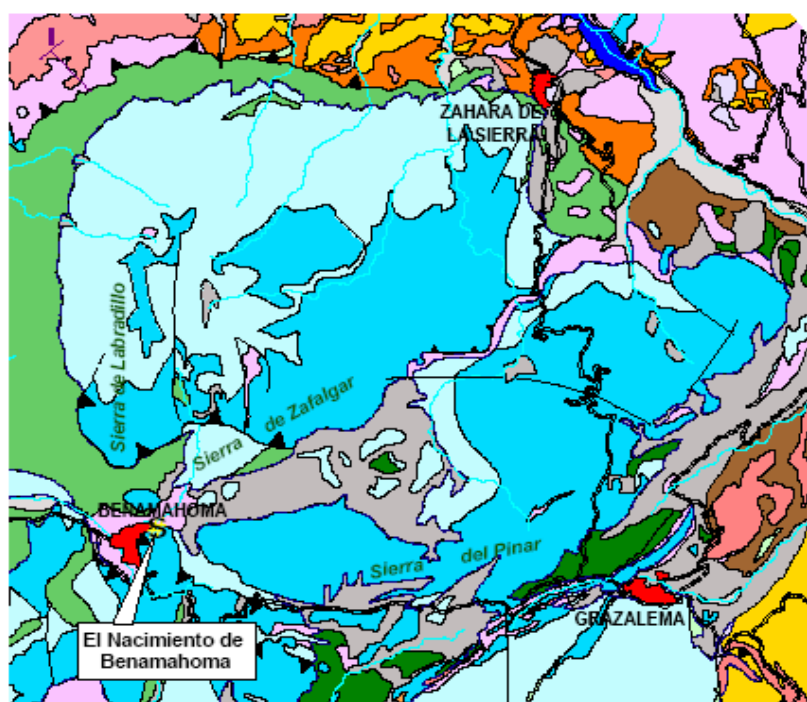
SALIDAS

(Naturales) (Bombeos) (Transferencias laterales)

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

Zafalgar-Labradillo:	12,7	12,7	-	-
Pinar-Monte Prieto-El Bosque:	18,7	18,5	0,2	-
Silla:	1,7	1,7	-	-
Endrinal-Hondón-Ubrique:	30,0	12,4	1,0	16,6
TOTAL:	63,1	45,3	1,2	16,6

Un problema que no debe pasar desapercibido, es la elevada vulnerabilidad de estas formaciones acuíferas debido a su alta permeabilidad y a su bajo poder autodepurador (IGME-Diputación de Cádiz, 2005).



PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	PERMEABILIDAD
MATERIALES POSTCROCÉNICOS		
Arenas, arcillas y cantos (depósitos de ladera)	CUATERNARIO	MEDIA-BAJA
Arenas y gravas (depósitos fluviales)	CUATERNARIO	MEDIA-BAJA
ZONA SUBBÉTICA		
Arcillas vermiculares, areniscas y calizas	MIOCENO INFERIOR	MUY BAJA
Calizas y margas rojas (capas rojas)	CRETÁCICO SUPERIOR	BAJA
Calizas margosas y margas	CRETÁCICO INFERIOR	BAJA
Calizas nodulosas, calizas margosas, margocalizas silíceas y margas	JURÁSICO SUPERIOR	BAJA
Calizas y dolomías	JURÁSICO INFERIOR	ALTA
Dolomías tabulares y carníoles	TRIÁSICO SUPERIOR	MEDIA-ALTA
Arcillas, margas, yesos, areniscas	TRIÁSICO SUPERIOR	MUY BAJA
COMPLEJO DEL CAMPO DE GIBRALTAR		
Arcillas con bloques. Complejo Tectosedimentario	MIOCENO INFERIOR	BAJA
Areniscas del Ajíbe	MIOCENO INFERIOR	MEDIA-BAJA
Calizas de "Microcodium" y margas y areniscas	PALEÓGENO	MEDIA-BAJA
Calizas, margas y arcillas	CRETÁCICO	BAJA



Figura 3: Mapa hidrogeológico del manantial de Benamahoma (IGME-AAA, 2008)

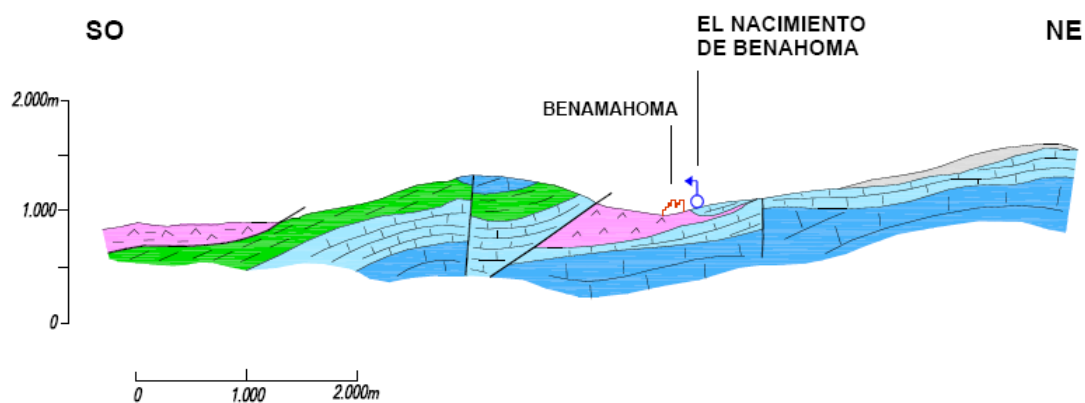


Figura 4: Corte hidrogeológico del manantial de Benamahoma

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

5.- EVOLUCIÓN HIDRODINÁMICA E HIDROQUÍMICA

El volumen dinámico de un acuífero se define como la cantidad de agua almacenada, en un momento dado, en su zona saturada localizada por encima de la superficie crítica de drenaje, y que resulta susceptible de ser renovada por los mecanismos ordinarios ligados al ciclo hidrológico. Este volumen de agua se obtiene por integración de la ecuación de la curva de agotamiento. Así, el volumen dinámico del acuífero de la Sierra de Grazalema en el manantial del Nacimiento de Benamahoma era de 6,644 hm³ al inicio del estío de 1996 y de 2,547 hm³ al final del mismo (DGOHCA, 1998).

La recarga para el año hidrológico 1995-1996 sería de 8,0 hm³ en el acuífero de El Bosque, mientras que para un año medio se reduciría a 4,2 hm³. En función de la recarga estimada, durante un año de tipo medio, el acuífero de Pinar-Monte Prieto transfiere al acuífero de El Bosque del orden de 6,8 hm³, aumentando hasta 7,8 hm³ en el caso del año 1995-96 (DGOHCA, 1998).

El caudal medio para el manantial de Benamahoma en el período representado (1980-2002) es de unos 259 l/s, con un caudal máximo de 674 l/s y mínimo de 24 l/s.

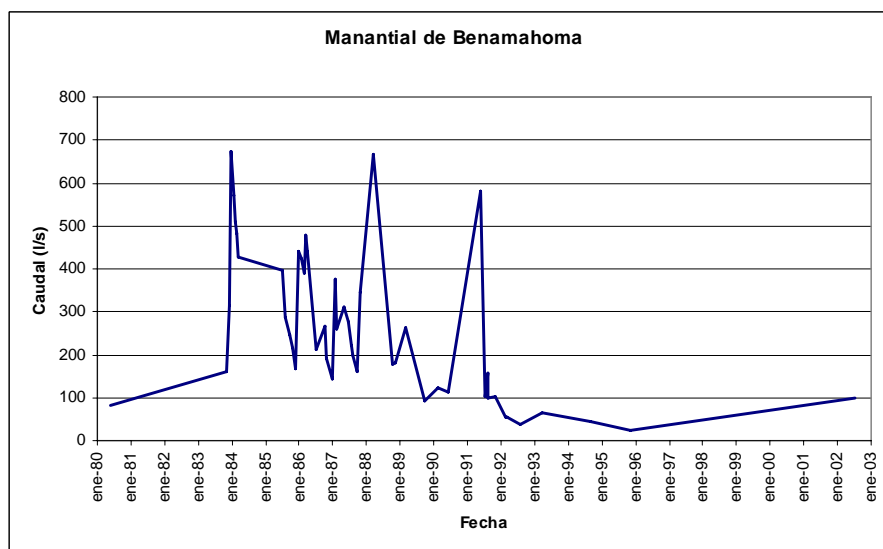


Figura 5: Hidrograma del manantial de Benamahoma correspondiente al período 1980-2002.

“En líneas generales, la masa de agua subterránea Sierra de Grazalema, es bicarbonatada cálcica y de baja mineralización, siendo, desde el punto de vista químico, aptas para cualquier tipo de uso. Como excepción, cabe señalar que las aguas de algunos manantiales y pozos no se ajustan a este patrón, mostrando facies variadas de elevada mineralización: bicarbonatada-sulfatada cálcica, sulfatada cálcica, e incluso bicarbonatada sódica. Las aguas sulfatadas cálcicas están relacionadas con manantiales situados en el contacto entre las formaciones carbonatadas jurásicas y las arcillas yesíferas triásicas de su muro impermeable, y son frecuentes en el borde suroriental de Pinar-Monte Prieto” (DGOHCA, 1998). Estas aguas sulfatadas cálcicas son de alta mineralización y llegan a alcanzar conductividades de hasta 3.000 µS/cm; son las segundas más frecuentes.

Las aguas subterráneas de los acuíferos de la Sierra de Grazalema, muestran facies bicarbonatadas cálcicas en el sector meridional y bicarbonatadas cálcico-magnésicas en el septentrional, con mineralización ligera salvo algún punto que toma valores por encima de los 500 µS/cm de conductividad eléctrica, y dureza en general media. El contenido iónico está por debajo del límite de

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

potabilidad establecido por la legislación, con un valor medio de 23 mg/l en ion cloruro, 75 mg/l en ion sulfato y 3,6 mg/l en nitratos. Los sulfatos tienen en varios puntos valores muy bajos, alrededor de 1 mg/l. Su clasificación para agricultura es C1/S1 apta para el regadío de cualquier tipo de cultivo, sin peligro de salinización ni de alcalinización del suelo (IGME-Diputación de Cádiz, 2005).

Las aguas del acuífero de El Bosque son bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas, con un total de sólidos disueltos inferior a 500 mg/l. Son aguas aptas para todo tipo de usos (IGME-AAA, 2010). La composición química se ajusta al modelo característico de aguas asociadas a facies carbonatadas cuyo tiempo de tránsito es presumiblemente corto, considerando la escasa mineralización de la muestra. El agua se encuentra prácticamente en condiciones de equilibrio respecto a la calcita y dolomita. Parece que existe una ausencia de estabilidad temporal en la composición de dichas aguas del manantial (IGME-JA, 1991).

El agua correspondiente a este manantial es claramente bicarbonatada calcico-magnésica, como se puede observar en los diagramas de las figuras 6 y 7, con un nivel bajo de mineralización. Para las muestras tomadas entre 1991 y 2002 presenta una conductividad eléctrica media de 397 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un pH medio de 7,7.

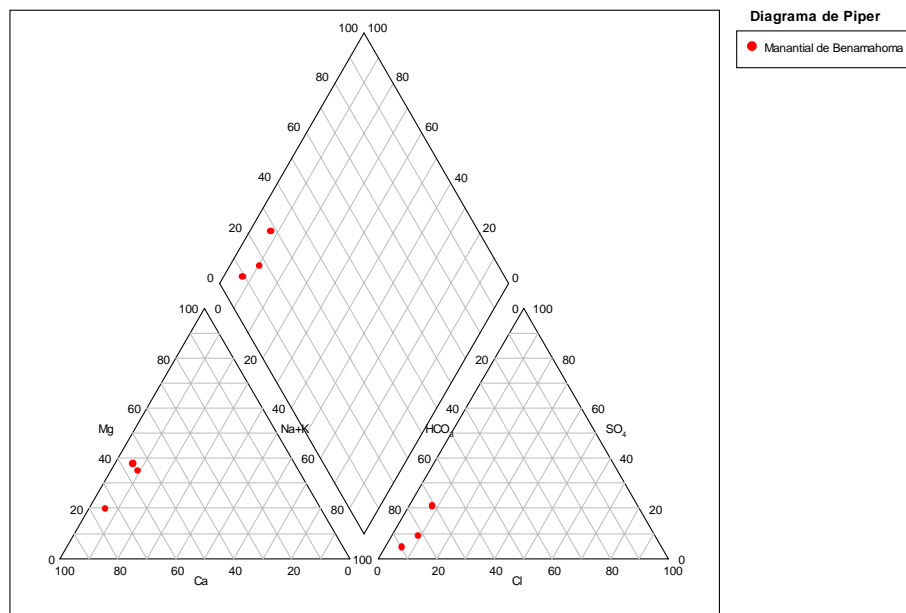


Figura 6: Diagrama de Piper del agua del manantial de Benamahoma para las muestras tomadas entre 1991 y 2002.

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

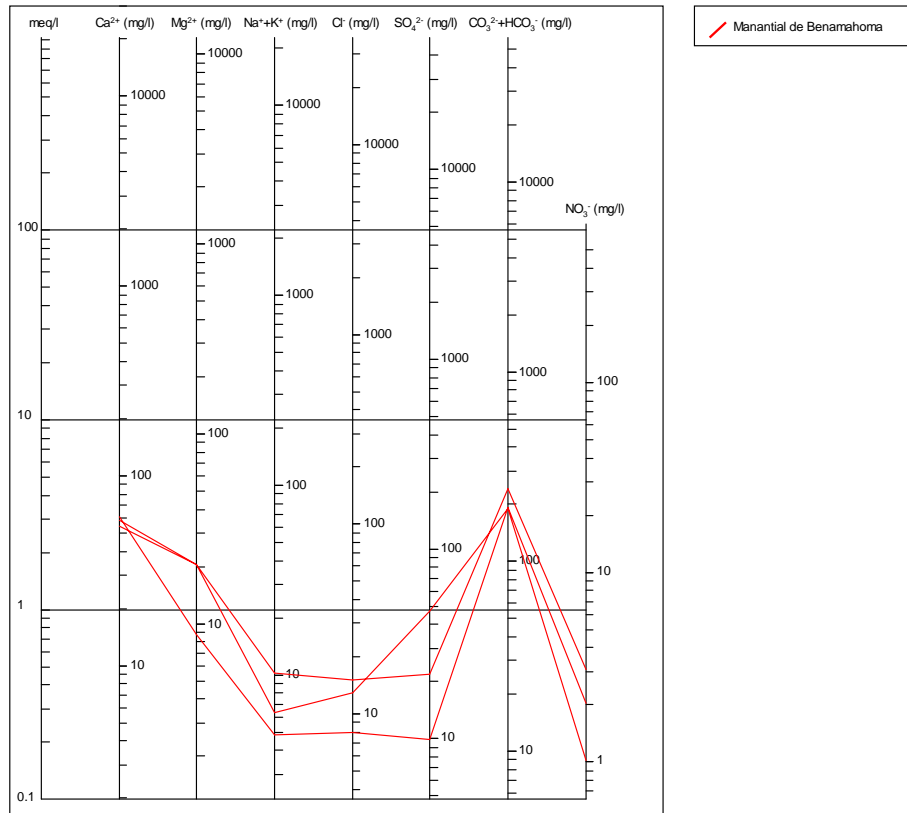


Figura 7: Diagrama de Shoeller del agua del manantial de Benamahoma para las muestras tomadas entre 1991 y 2002.

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

6.- VALORACIÓN DEL INTERÉS

El manantial del Nacimiento de Benamahoma presenta un alto interés hidrogeológico, paisajístico-ambiental, histórico, económico, recreativo y científico-pedagógico. Su valoración general es alta y el estado de conservación es aceptable (AAA-UG, 2010).

El agua ha sido, históricamente, el factor que ha condicionado en gran medida, la ubicación de los asentamientos humanos, por lo que la mayoría de los núcleos de población tiene en sus proximidades, o incluso en su interior, manantiales que justifican su emplazamiento. La abundancia de agua, aunque irregular en su distribución territorial, ha facilitado el desarrollo de las tradicionales actividades económicas –ganadería, huertas de regadío- y ha permitido usos que configuran un paisaje y un legado etnológico y cultural de excepcional singularidad (IGME-AAA, 2010).

Los molinos, batanes y martinetes son los principales ingenios hidráulicos que se encuentran en el Parque Natural. “Los batanes son máquinas de funcionamiento hidráulico que, mediante gruesos mazos de madera movidos por un eje, se utilizaban para golpear, desengrasar, enfurtir y hacer más fuertes los tejidos de lana (...). La industria textil del pueblo de Grazalema supuso que esta localidad fuera, desde el siglo XVIII hasta mediados del XIX, uno de los centros de comercio en paños y otros tejidos de lana más importantes de España. Y así surgieron, en toda la comarca, numerosas fábricas, batanes, calderas de jabón, talleres de curtido de pieles, etc., que han llegado a funcionar hasta bien avanzado el siglo XX. En el río Majaceite, en las proximidades de Benamahoma, hubo varios batanes, así como en la Ribera del Gaidóvar. Precisamente aquí se encuentra la fábrica de mantas de Mario, un ejemplo excepcional de este patrimonio ligado al agua, ya que es la única que aún conserva todo el mecanismo hidráulico y su maquinaria original” (IGME-AAA, 2010).

El manantial del Nacimiento de Benamahoma presenta un interés global alto, que se complementa con la proximidad del Museo del Agua, instalado sobre un antiguo molino junto al río Majaceite.

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

7.- PROTECCIÓN PROPUESTA

7.1.- Presiones

Existen captaciones significativas de agua en las proximidades del manantial del Nacimiento de Benamahoma y potenciales problemas por contaminación localizada por vertidos (aguas residuales o vertidos accidentales), en puntos de absorción del acuífero de El Bosque (IGME-AAA, 2008). Los vertidos de aguas residuales se realizan sobre materiales permeables o en áreas relacionadas con ellos. En Benamahoma se localiza una planta depuradora; en 1995 se depuraron en esta localidad 35.000 m³/año (DGOHCA, 1998).

Por lo general, es un lugar bien conservado, sin presiones significativas. Los acuíferos kársticos son extremadamente vulnerables a la contaminación, por el débil papel filtrante que ejerce la zona de infiltración, la escasa dilución que propicia la organización del sistema de drenaje subterráneo y el poco tiempo de residencia del agua en el interior del acuífero, que impide una autodepuración efectiva (...). Ciertas actividades en el interior del Parque Natural, pueden conllevar el riesgo de contaminación de acuíferos, debido a la posibilidad de que se incorporen al agua subterránea sustancias o materias que implican una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica. Entre las actividades que más pueden afectar a los acuíferos en el Parque Natural Sierra de Grazalema, destacan los vertidos de aguas residuales sin depurar –ya sean de origen urbano, actualmente tratadas en su inmensa mayoría en estaciones depuradoras, o de origen industrial-, los vertidos sólidos no controlados –una vez que ya han sido cerrados la totalidad de los antiguos vertederos- y las actividades agropecuarias, que constituyen una fuente potencial de contaminación difusa de las aguas subterráneas. La agricultura, sin embargo, se concentra en zonas deprimidas que circundan a las sierras, limitando su presencia en el interior de las mismas al fondo de algunos valles y, en el caso del olivar, a ciertas laderas, por lo que es escasa y muy limitada su incidencia como fuente de contaminación. La carga contaminante de la ganadería, de carácter extensivo en su gran mayoría, es relativamente significativa en el ámbito del Parque, aunque se estima que sólo una pequeña parte de ella llega a percolar a los acuíferos (IGME-AAA, 2010). “La disposición geográfica y la estructura geológica de la Sierra de Grazalema, no favorece que sus formaciones acuíferas puedan verse afectadas por contaminantes generados fuera de su ámbito territorial” (DGOHCA, 1998).

Para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, no sólo hay que prevenir la entrada de cargas contaminantes en zonas permeables, sino también en las cuencas de drenaje de los ríos que alimentan a los sistemas kársticos (cuencas del río Gadares, del arroyo de los Álamos y del arroyo Albarrán), y en las zonas endorreicas existentes y comunicadas hídricamente con los sistemas kársticos, tal como son los poljes y otras depresiones (IGME-AAA, 2010).

7.2.- Figuras de protección, normativa y perímetros previos

Como figuras de protección existentes en el sector, se encuentran:

- Reserva de la Biosfera: Grazalema (1997).
- Reserva de la Biosfera: Intercontinental del Mediterráneo (2006)
- LIC y ZEPA: ES0000031 Sierra de Grazalema.
- Parque Natural: Sierra de Grazalema (1985).
- Perímetro de protección para abastecimiento: 6301200023 Nacimiento (Benamahoma).
- Considerado como Lugar de Interés Hidrogeológico.
- Se encuentra incluido en el inventario de Georrecursos de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

7.3.- Zonación propuesta



Fornes-Azcoiti, J.M.; Jiménez-Sánchez, J.; Martín-Montañés, C.; Rubio-Campos, J.C.; Martos-Rosillo, S. y Hueso-Quesada, L.M., 2011. *Informe de caracterización hidrogeológica y propuesta de protección de manantiales y lugares de interés hidrogeológico (Cádiz)*.



PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

Se propone la delimitación de la poligonal para la protección de los materiales carbonáticos del sector oriental del acuífero del Bosque (Sierra de Albaracín) y el sector occidental de la S^a del Pinar que dan lugar al nacimiento de Benamahoma y la cabecera del Río del Bosque.

Tipo de protección: ZONA TIPO A. No autorizadas captaciones adicionales ni actividades potencialmente contaminantes (radio de 1,5 km). ZONA TIPO B. No se autorizan captaciones salvo abastecimientos y se impedirá la implantación de actividades potencialmente contaminantes.

La zonificación propuesta tiene relación con los apartados 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 de la tabla 1.

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

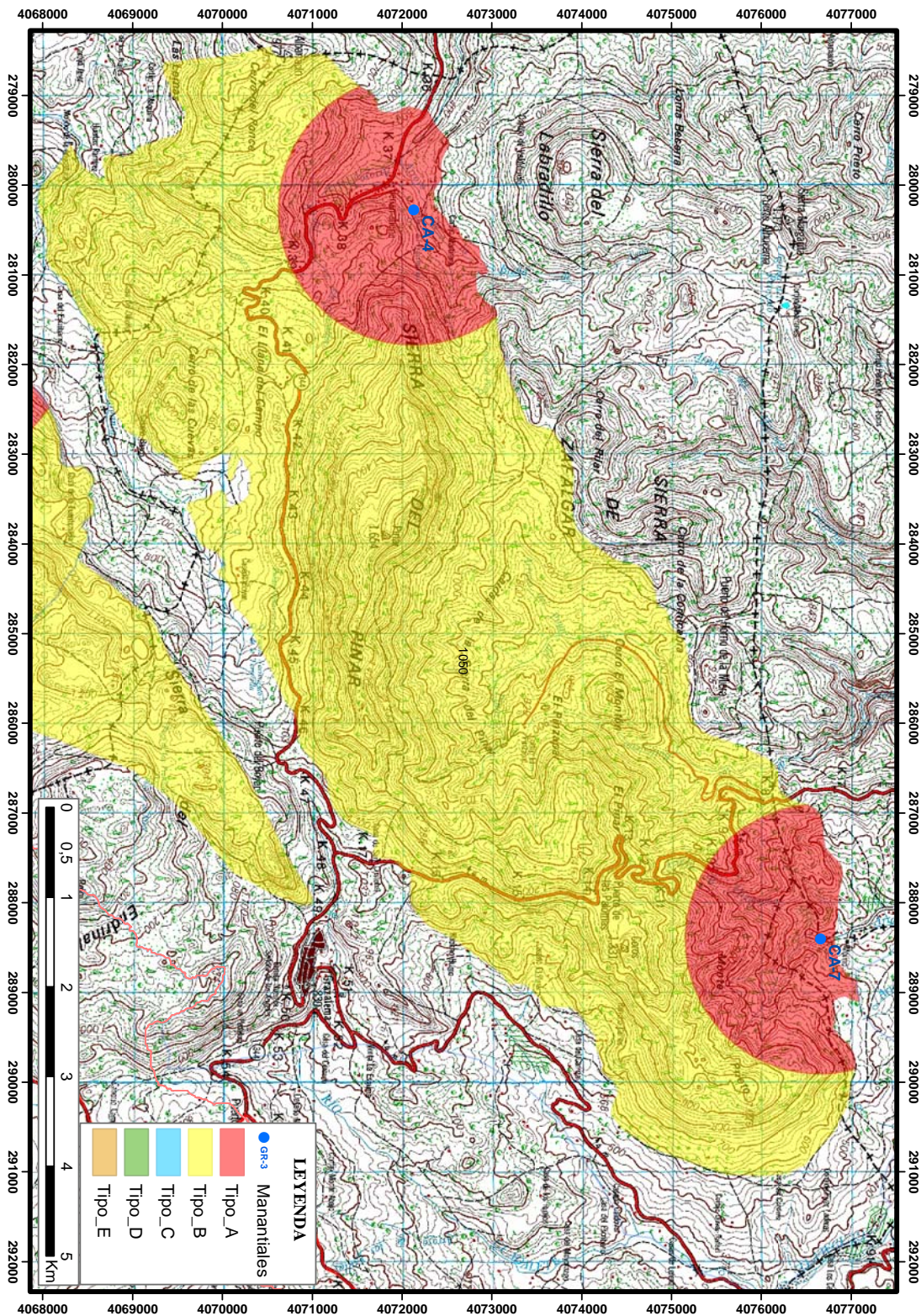


Figura 8: Zonación propuesta para la protección de los materiales carbonáticos del sector oriental del acuífero del Bosque (Sierra de Albaracín) y el sector occidental de la S^a del



Fornes-Azcoiti, J.M.; Jiménez-Sánchez, J.; Martín-Montañés, C.; Rubio-Campos, J.C.; Martos-Rosillo, S. y Hueso-Quesada, L.M., 2011. *Informe de caracterización hidrogeológica y propuesta de protección de manantiales y lugares de interés hidrogeológico (Cádiz)*.



**PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS
HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS
RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)**

Pinar que dan lugar al nacimiento de Benamahoma y la cabecera del Río del Bosque (CA4). Escala original 1:50.000.

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

8.- APROVECHAMIENTO POSIBLE

El Nacimiento de Benamahoma, anunciado a la entrada del pueblo de Benamahoma (pedanía de Grazalema), se encuentra en el extremo NE del mismo, junto al Museo del Agua (IGME-AAA, 2008). Es un manantial muy conocido y el de mayor caudal del acuífero de El Bosque, con caudales punta de más de 600 l/s (IGME-AAA, 2010).

La accesibilidad es buena y existe un aparcamiento junto al manantial. En dicha población hay varias casas rurales que suman más de 70 plazas disponibles. Algo similar ocurre en El Bosque. En Grazalema, la capacidad de alojamiento en casas rurales y apartamentos asciende a unas 120 plazas.

Existe en el entorno un riesgo de desprendimiento de rocas, que está convenientemente señalizado. Por tanto, como medida de seguridad, habría que hacer un estudio de estabilidad de taludes, así como de saneo y fijación de bloques inestables. Por otra parte, sería conveniente facilitar una explicación ilustrada del manantial mediante carteles interpretativos.



El Nacimiento de Benamahoma (IGME-AAA. 2008)

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)



Área recreativa junto al manantial (IGME-AAA, 2008)

El manantial está totalmente acondicionado y encuadrado en un pequeño parque y junto al manantial existe una captación que probablemente sea para abastecimiento.

La surgencia principal está rodeada por una verja de 1 m de altura que evita la caída de personas y animales pero no que se arrojen objetos por lo que convendría aumentar la altura de la verja y cerrar las cancelas de acceso al agua. Se podría considerar muy vulnerable ya que se encuentra junto a la calle/carretera por la que circulan todo tipo de vehículos.

No presenta enclaves a proteger salvo el propio manantial.

Se considera útil desde el punto de vista didáctico por lo que se podría instalar un panel ilustrativo del contexto hidrogeológico del manantial. Por el momento existe un cartel previniendo de la toxicidad de una planta que crece en la zona de surgencia.

El alojamiento y la restauración están asegurados en la población de Benamahoma.



Señalización de riesgo por caída de piedras (IGME-AAA, 2008)

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)



Fuente junto al Museo del Agua alimentada por el Nacimiento de Benamahoma (IGME-AAA, 2008)

Los molinos, especialmente harineros, eran los ingenios hidráulicos más abundantes en el Parque Natural de Sierra de Grazalema. Un buen número de ellos se encuentran a lo largo de la ribera de Arroyomolinos y forman parte del acervo cultural de la región. Los martinetes y batanes son otros de los ingenios que estaban concebidos para el aprovechamiento de la fuerza motriz del agua. Así, en el edificio de la piscifactoría de Benamahoma, hubo anteriormente un batán y una fábrica de sillas; esta última en funcionamiento hasta finales de los años cincuenta del pasado siglo XX. Ambas obtenían la energía para sus procesos fabriles, del agua del manantial (IGME-AAA, 2010).

Por un corto sendero descendente, de unos 50 m, que pasa junto a la piscifactoría, se llega al Ecomuseo del Agua. Se trata de un centro dedicado al agua y a su estrecha relación con el Parque Natural, que aprovecha la estructura del antiguo molino de los Capitalistas. La planta baja alberga una sala que explica el edificio y sus características; otra sala se centra en los molinos del Parque Natural y, en una tercera, se presenta una maqueta del antiguo molino. En la planta superior se pretende un acercamiento divulgativo a muy variadas temáticas: ciclo del agua, vida y agua, aguas subterráneas y superficiales y, finalmente, la relación entre el agua, la cultura y sus distintos aprovechamientos. En la parte trasera del edificio, muy próximo al río Majaceite, aún se puede observar el cárcavo o bóveda en que se alojaba el rodezno (IGME-AAA, 2010). Aproximadamente a un 1 km del citado museo y por un camino junto al río Majaceite, se encuentra un panel explicativo sobre los batanes del río. A poco más de 500 m, aparecen dos antiguos batanes en ruinas: Batán de Arriba y Batán de Abajo. El primero de ellos también debió ser utilizado como molino, a tenor de la piedra de molienda que se encuentra en su interior (IGME-AAA, 2010).

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)



Edificio que alberga el Ecomuseo del Agua (antiguo molino de los Capitalistas) (IGME-AAA, 2010)

A 2.000 m desde el inicio del sendero “Río Majaceite”, se encuentra la antigua *fábrica de luz* Eléctrica de la Sierra, que estuvo en funcionamiento desde 1908 hasta 1962. Se denominaban así, a pequeñas centrales hidroeléctricas que se fueron instalando progresivamente en España, desde finales del siglo XIX, para satisfacer la creciente demanda de electricidad (IGME-AAA, 2010).



Edificio donde se alojaba la fábrica de luz Eléctrica de la Sierra (IGME-AAA, 2010)

Por otra parte, en el Parque Natural destaca “la formación actual de travertinos asociados a antiguos molinos y a otros ingenios hidráulicos. El molino del Susto, en Benamahoma, así como uno de los molinos situados aguas abajo de esta localidad, junto al río Majaceite, o la fábrica de mantas de Mario, en la Ribera de Gaidóvar, son algunos de los ejemplos de esta asociación. En estos casos, las acequias o caos, constituyen drenajes preferenciales del agua, que aportan pequeños volúmenes de forma casi continua; estas acequias finalizan en saltos de agua o cubos, que permitían mover los rodeznos –o la noria, en el caso del molino de Mario-, en los que ocurre la desgasificación; ello, unido a la rápida colonización por algas y musgos, permite la creación y construcción de los travertinos (IGME-AAA, 2010).

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

9.- PROPUESTA DE INDICADORES

La DGOHCA (1998), estima para el manantial del Nacimiento de Benamahoma, un caudal máximo superior a 450 l/s, y un caudal medio de 350 l/s. Estas cifras suponen una descarga anual aproximada de 11 hm³ (en el año 1995-1996 la descarga de los manantiales de Benamahoma y Descansadero, fue de 9,5 hm³ frente a los 15,8 hm³ atribuibles al acuífero de El Bosque, y en un año medio se estima que es del orden de 7 hm³).

Según el mismo organismo, los acuíferos de Pinar-Monte Prieto y de El Bosque, están conectados entre sí, formando un único elemento estanco. En este último, existen dos áreas o compartimentos independientes: la Sierra de Albarracín, que ocupa la mitad occidental del acuífero, y el Cerro de las Cuevas. La sierra de Albarracín está drenada por manantiales situados en sus bordes N, S y O, indicando que el agua subterránea circula adoptando una red de flujo radial. El área ocupada por el Cerro de las Cuevas, se comporta como una prolongación del extremo occidental del acuífero de Pinar-Monte Prieto, existiendo una clara transferencia de recursos subterráneos desde esta última a la primera. Las redes de flujo de los dos compartimentos convergen en el valle del arroyo de los Charcones (DGOHCA, 1998).

Asimismo, se definió la curva de agotamiento del manantial del Nacimiento de Benamahoma, expresada mediante la fórmula $Q = Q_0 e^{-\alpha(T-T_0)}$, donde Q_0 representa el caudal al comienzo del estiaje, α el coeficiente de agotamiento, y T el tiempo transcurrido desde el comienzo del estiaje (T_0):

$$Q = 392,190 e^{-0,0051T}$$

Sería interesante controlar el caudal de dicho manantial, por ser la principal descarga del acuífero de El Bosque, aunque resulta difícil su control. Para el control del caudal se debería instalar una estación automática al otro lado de la calle (punto 1 de la figura 9), justo en la parte alta de la piscifactoría a la que va el agua. Existen otras dos posibles captaciones también al otro lado de la calle y en una de ellas, de la que parte una acequia, se podría instalar un vertedero de control de caudal (punto 2 de la figura 9).

A los caudales calculados habría que sumar el caudal continuo en la captación de abastecimiento urbano (punto 3 de la figura 9), así como la derivación en la tubería (punto 4 de la figura 9).

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

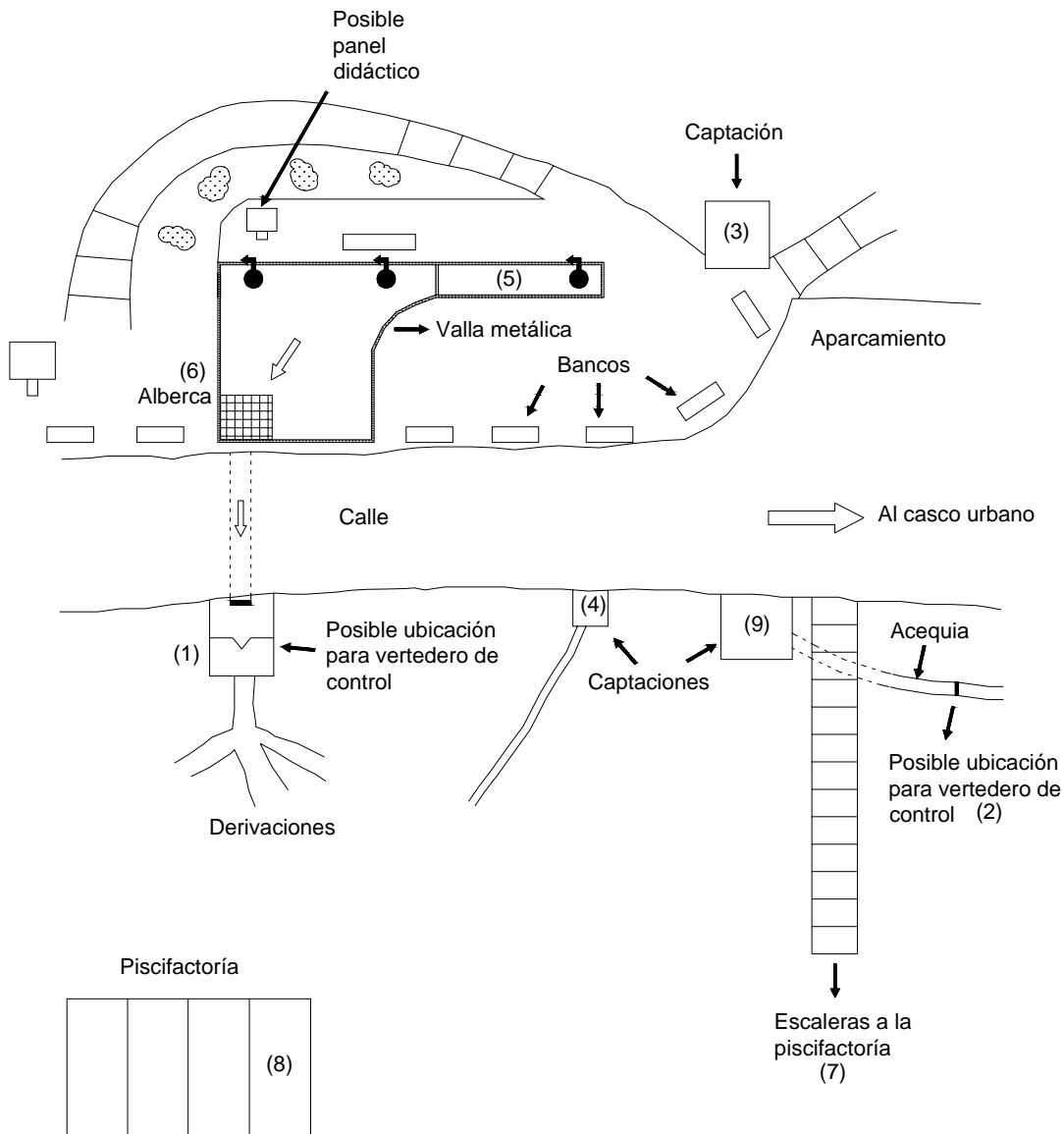


Figura 9: Esquema de acondicionamiento del manantial del nacimiento de Benamahoma



PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

Punto 1-esquema (Crisanto Martín Montaños) Punto 2-esquema (Crisanto Martín Montaños)



Punto 3-esquema (Crisanto Martín Montaños) Punto 4-esquema (Crisanto Martín Montaños)



Punto 5-esquema (Crisanto Martín Montaños)

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)



Punto 6-esquema (Crisanto Martín Montañés)



Punto 7-esquema (Crisanto Martín Montañés)



Punto 8-esquema (Crisanto Martín Montañés)



Punto 9-esquema (Crisanto Martín Montañés)

PLAN DE CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE MANANTIALES Y LUGARES DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO DE ANDALUCÍA (ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS RELACIONADOS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA)

10.- BIBLIOGRAFÍA

IGME-AAA (2010). “El agua subterránea en el Parque Natural Sierra de Grazalema”. Agencia Andaluza del Agua e Instituto Geológico y Minero de España. 187 pp. Informe no publicado.

AAA-UG (2010). “Manantiales y fuentes de Andalucía. Hacia una estrategia de conservación. Conoce tus fuentes”. Agencia Andaluza del Agua (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) y Universidad de Granada. <http://www.conocetusfuentes.com>

DGOHCA (1998). “Las unidades hidrogeológicas de las Sierras de Líbar (00.06) y de Grazalema (05.64)”. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas”. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 52 pp. + mapas.

IGME-Diputación de Cádiz (2005). “Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz”, 263 pp.

IGME-AAA (2008). “Lugares de interés hidrogeológico de Andalucía”. Durán, J.J., Robledo, P.A., de la Hera, A. (Coords). Instituto Geológico y Minero de España, Agencia Andaluza del Agua. Madrid.

IGME-JA (1991). Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía (Convenio Marco de asistencia técnica entre el Instituto Tecnológico y Geominero de España y la Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Andalucía).