



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



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)

HU-6 LAVADERO DE LOS MARINES

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 Lavadero de Los Marines se halla en la calle Fuente, en el núcleo de Los Marines. Presenta el nº de registro nacional del IGME 103770018 y la referencia HU6 en el Plan de Conservación. Pertenece por tanto al término municipal de Los Marines (Huelva). Esta población se encuentra a 6,5 km de Aracena y a 4 km de Fuenteheridos. La Fuente presenta las siguientes coordenadas UTM:

X = 181.537
Y = 4.201.473
Z = 720 m s.n.m.

Se ubica en el Parque Natural de Aracena y Picos de Aroche, en la hoja nº 917, Aracena (escala 1:50.000), en la hoja nº 917-IV (escala 1:25.000) y en la hoja nº 917-33 (escala 1:10.000).

El manantial del Lavadero de Los Marines se encuentra dentro del núcleo de Los Marines, por lo que su acceso es sencillo. Es de utilidad pública, si bien, la mayor parte del tiempo, esta agotado, como consecuencia de la explotación de aguas subterránea que se realiza para abastecimiento a esta población. Pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir y a la Masa de Agua Subterránea 05.45.

Se compone de fuente-abrevadero y de un lavadero cubierto muy bien conservado. La fuente, con un murete curvilíneo, da paso al abrevadero rectangular y por un canal, al lavadero que tiene siete pilas de pizarra a cada lado, con una lieva central que distribuye el agua a cada pila. Data de finales del siglo XIX y ha experimentado diversas reformas posteriores. Junto a la fuente hay un sondeo de abastecimiento a la población, que ha dejado sin apenas agua a la fuente.



Lavadero de Los Marines

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:

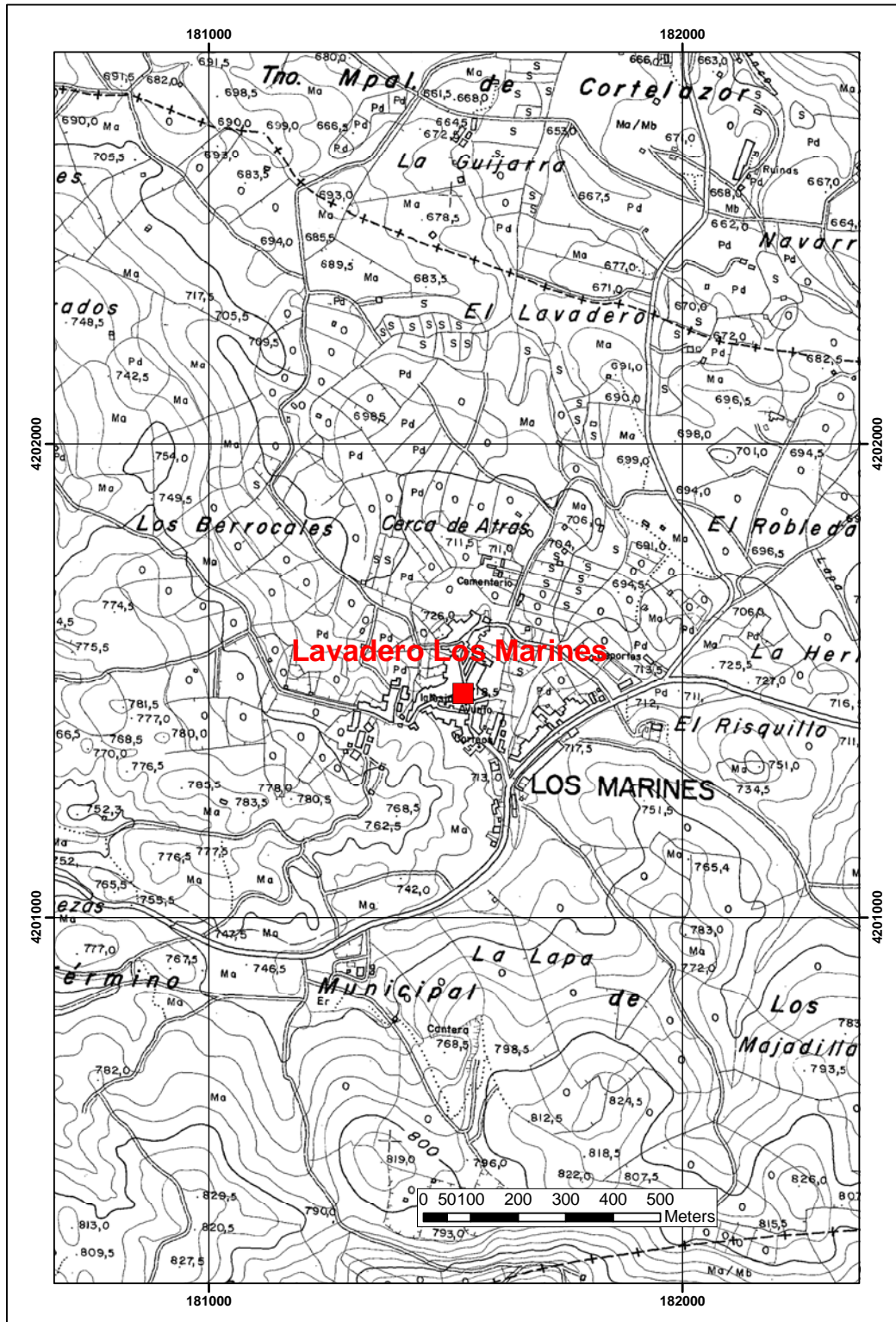


Figura 1: Plano de situación topográfico. Escala original 1:10000

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

En la página Web: http://www.andaluciarustica.com/los_marines.htm, se recogen numerosas referencias históricas sobre el entorno.

Los Marines nació en el siglo XIV, con gentes venidas de Galicia. La repoblación fue realizada por personas del valle del Sil, guiados por los hermanos Marín, probablemente de la ciudad del mismo nombre, en la que hoy es provincia de Pontevedra. Así, la toponimia contiene numerosos nombres de origen gallego, tales como Balambas, Los Garridos, El Palero, Valdelama, Las Torneras etc.

Poco a poco, los caseríos dispersos dieron lugar al poblado de Los Marines, que en el siglo XVI tenía ya iglesia bajo la protección de la Virgen de Gracia. Los hombres se ganaban el sustento con la práctica de actividades agroganaderas, cazadoras y recolectoras. Durante el siglo XVII, esta villa soportaba la férula de Aracena. Seguramente, dado el contexto de crisis, una lucha sorda por la supervivencia impregnaría todos los aspectos de la vida, y la atonía general se alargaría por el siglo calamitoso.

En general, Los Marines corrió la misma suerte de Aracena, donde se concentraba las riquezas y los dueños de las tierras, pero desde una posición de estrechez, porque el nivel de pobreza aumentaba desde Aracena hacia sus aldeas. Hasta mediados del siglo XVII, fue tierra de realengo del Consejo de Aracena en el reino de Sevilla. Hacia 1640 pasa a jurisdicción señorial, tras la donación hecha por Felipe IV al Conde Duque de Olivares, don Gaspar de Guzmán, para pagar los servicios prestados en la batalla de Fuenterrabía. Después de la muerte del Conde Duque en 1645, el Señorío pasa al Conde de Altamira y Marqués de Astorga, que se intitula Príncipe de Aracena hasta 1812.

El siglo XVIII va a ser testigo del afianzamiento y consolidación de la villa. El licenciado don Juan Simón Zapata Coronel, incluye a Los Marines como aldea, distante una legua de Aracena *en el camino de la villa del Castaño, con 36 vecinos, que cogen algunas frutas y vinos, y gran número de castañas*. Los Marines empezaría a ser conocido por su riqueza agrícola, en un contexto comarcal no muy apto para la misma, pero donde estaba habiendo una cierta presión demográfica, detectada en la expansión de olivos e higuerales y en las propias Ordenanzas Municipales, que prestan encarecido cuidado a las viñas, protegiéndolas del ganado y de las manos del hombre.

A pesar del tímido renacer, Los Marines era una de las aldeas de Aracena más pobre, pues su parroquia contaba con un presupuesto oscilante entre los 200 y 300 reales anuales, frente, por ejemplo, a la iglesia de La Asunción, en Aracena, que contaba con 15.000 reales.

La continua descapitalización y merma que la capital del Principado ejercía sobre sus aldeas, con vejaciones, gravámenes, molestias del Corregidor, extorsiones de familias y bienes, etc., animó a Los Marines a pedir continuamente la independencia de Aracena. Así, en 1753 se atrevieron a demandar a la Condesa de Altamira, permiso para rogar al rey Carlos III la gracia de *exención y liberación de tantas opresiones*. Al fin, el 7 de febrero de 1768, el Rey concede el título y Privilegio de Villa a Los Marines, eximiéndola de la jurisdicción de Aracena. Sin embargo, no fue una concesión gratuita, porque sus 78 vecinos tuvieron que pagar 585.000 maravedís de vellón, a razón de 7.500 por cada vecino, para librarse del cerco de Aracena.

Pero la independencia no salvó a Los Marines de las dificultades de subsistencia. En continua lucha, con un medio pobre, no tenía bienes propios con que sufragar los servicios municipales o las penurias de sus vecinos. Esta carencia fue satisfecha parcialmente a partir de 1775, en que el Rey concede a Los Marines una Real Provisión con 150 fanegas en la dehesa de Propios de Aracena. Estos bienes solucionaron ocasionalmente la demanda alimentaria de los vecinos, que recibían por sorteo tierras

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)

con que socorrer las precarias economías agrícolas. Parcialmente solucionados los problemas del sustento, Los Marines entra en el siglo XIX padeciendo dos desastres: la guerra y la enfermedad.

La guerra de la Independencia, que trajo la ocupación y saqueo del pueblo el 26 de mayo de 1810 por las tropas francesas, causó enormes estragos. La enfermedad estuvo también presente en los Marines en dos brotes epidémicos de cólera morbo, que diezmaron la población. Buscando alguna esperanza contra la peste, en Los Marines se hizo la fiesta del Voto en honor a la Virgen de Gracia, que se celebra el 8 de septiembre.

Durante el siglo XX, Los Marines transita entre una lucha por la supervivencia y un avance hacia la modernidad. Ello le supone una importante sangría demográfica, que no puede atajar una agricultura arcaica, incapaz de mecanizarse y con fuertes trabas comerciales en un contexto comarcal de retroceso económico y poblacional. Huertas y castañares no pueden mantener a una población que, aunque crece a ritmo muy lento, tiene unos estrechos límites municipales. Muy pronto se observa que la capacidad de sustento de tan menguado término sólo da para unas 500 personas. Desde principios del siglo XX, la población empieza a emigrar, primero al espacio próximo de las Minas de Riotinto y Sevilla, y después a otros más alejados. En 1959 por ejemplo, Los Marines pierde casi el 50 por 100 de sus vecinos. La población lucha por frenar la emigración y por modernizar la agricultura y la ganadería, motor económico de la villa. En 2006 la población era de 320 vecinos.



Los Marines

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)

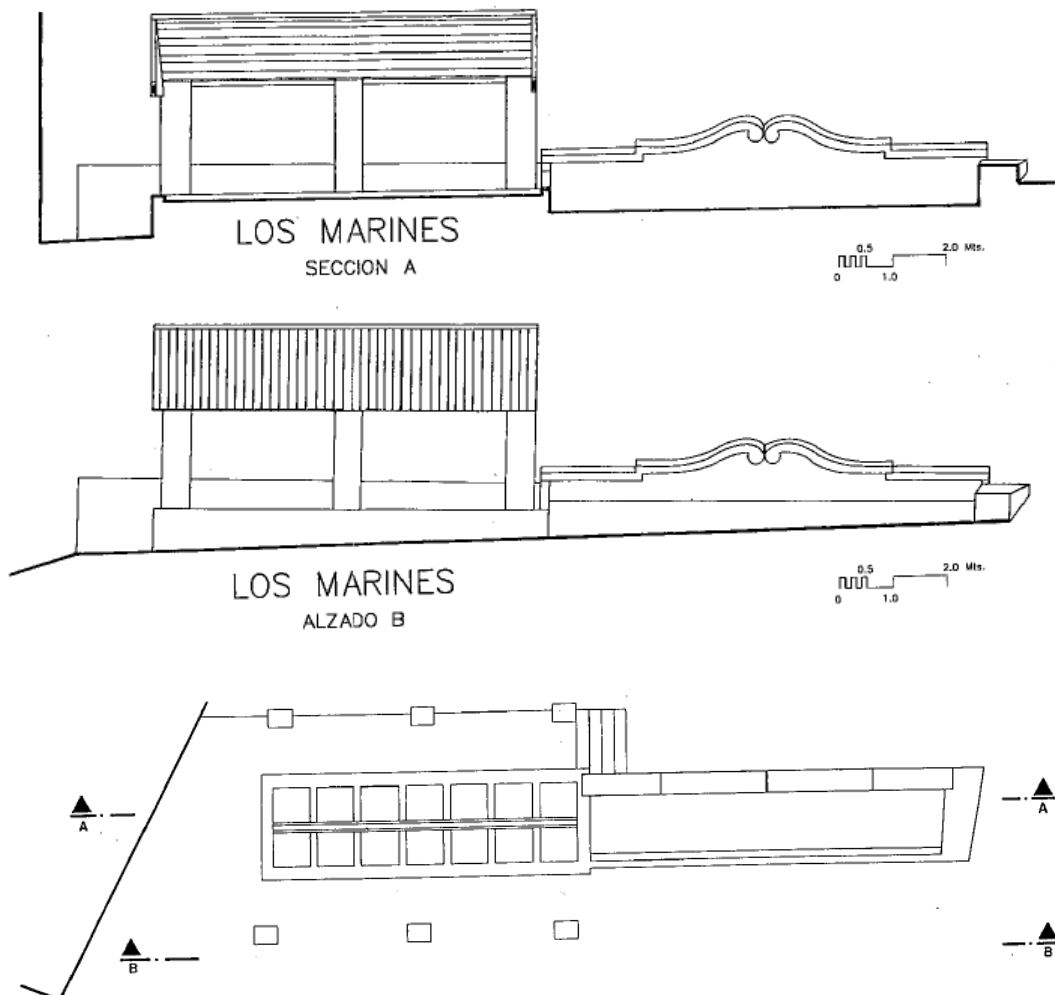


Figura 3: Planta general, sección y alzado del lavadero de Los Marines (Medianero, 2003)



Los Marines

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

Del documento (IGME-AAA, 2010), se recogen las referencias sobre flora y fauna.

Las principales formaciones vegetales presentes actualmente en el Parque son las dehesas, que ocupan grandes extensiones en las zonas de pendientes suaves y moderadas, con diversos grados de cobertura, compuestas principalmente por encinas y alcornoques. Los castañares están localizados fundamentalmente en la zona central del Parque donde predomina el castaño, especie caducifolia asilvestrada que le confiere a estos bosques un gran interés paisajístico. Existen también formaciones boscosas compuestas por encinas, alcornoques, quejigos y algunos rodales de melojos. La vegetación de ribera se distribuye por todo el Parque y está asociada a los cursos de agua, con presencia de estrato arbóreo (alisedas, fresnedas, choperas y otras) y/o estrato arbustivo (adelfares, tarajales y otros). También se pueden encontrar formaciones de matorral en las áreas de fuertes pendientes, o en aquellas zonas con suelos pobres y degradados, pastizales y cultivos forestales de eucaliptos y pinos.



Dehesa de alcornoques (*Quercus suber*) (IGME-AAA, 2010)



Castañar en invierno (*Castanea sativa*) (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)

La abundancia de fuentes y manantiales en el Parque ha favorecido la presencia de numerosas comunidades vegetales acuáticas, cuyas especies varían según las características hidrodinámicas e hidroquímicas de las surgencias.



Culantrillo de pozo (*Adiantum capillus-veneri*) (IGME-AAA, 2010)

En cuanto a la fauna, la diversidad de hábitats acuáticos presentes en el Parque ha posibilitado la existencia y conservación de numerosas especies de invertebrados y vertebrados. Por su riqueza en endemismos peninsulares y en ictiofauna, los cursos de agua más destacados son las Riveras de Cala y del Múrtigas y el Arroyo del Sillo, hasta el punto de haber sido declarados *Aguas Importantes para la Ictiofauna Indígena Europea*. En ellos habitan varias especies de barbos, cachos, calandinos, jarabugos, bogas de río y anguilas. Abundan también anfibios como la rana verde y la de San Antón, varias especies de sapos y sapillos, la salamandra y el tritón verde, mamíferos como la nutria y el musgano de Cabrera, y aves como el mirlo acuático, martín pescador o el ruiseñor.



Martín pescador (*Alcedo apphis*) (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



Relieve alomado en la Sierra de Aracena. Vista desde Las Tobas (Higuera de la Sierra) (IGME-AAA, 2010)

La masa de agua subterránea de Sierra Morena (MASb 051.045), abarca desde la provincia de Huelva hasta la de Córdoba, comprendiendo también las de Badajoz y Sevilla, dentro de la margen derecha del río Guadalquivir. La poligonal envolvente tiene una superficie total de 4.621 km², de los que 1.200 km² aproximadamente (26%), corresponderían a sus afloramientos permeables, formados por calizas y dolomías del Cámbrico y del Pre-Cámbrico. Otros 30 km² corresponden a materiales permeables post-orogénicos del Mioceno, situados en las terrazas antiguas del río Guadalquivir. El resto corresponden a formaciones geológicas de baja y media permeabilidad, como por ejemplo pizarras y rocas volcánicas del Paleozoico. La cota máxima dentro de la MASb es de 1.040 m s.n.m., la cota mínima es de 50 m s.n.m. y la cota media se localiza a 468 m s.n.m. (IGME, 2009).

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)

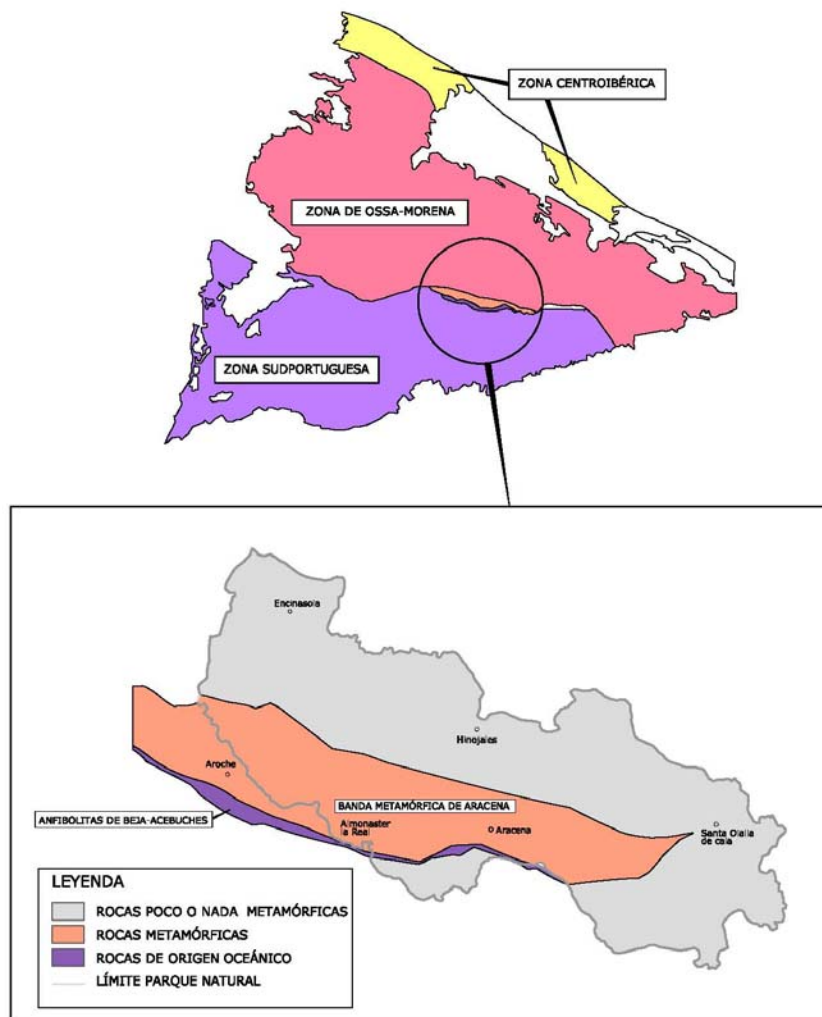


Figura 4: Esquema geológico simplificado de las Zonas de Ossa-Morena y Sudportuguesa. Principales tipos de rocas en el Parque Natural (basado en Vera, 2004 y en Fajardo, 2004).

El Parque de Aracena está situado en la zona meridional de Sierra Morena Occidental, y en él se pueden encontrar materiales precámbricos, paleozoicos y granitos hercínicos, además de pequeños depósitos cuaternarios ligados fundamentalmente a la red fluvial actual (del Val *et al.*, 1998). La orografía de la región es bastante abrupta, con alineaciones montañosas asociadas a ciertas litologías, como las rocas carbonáticas o las volcanitas ácidas.

Las rocas carbonáticas que ocupan mayor extensión son las dolomías y las calizas marmorizadas del Cámbrico Inferior, con una potencia que está comprendida entre los 250 y los 400 m. Presentan karstificación funcional y han dado origen, en sus surgencias, a travertinos de gran espesor, como los de la Peña de Arias Montano, que han quedado colgados con respecto al nivel de disección fluvial actual, convirtiéndose en testigos de un sistema hidrogeológico de mayor importancia que el actual.

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)

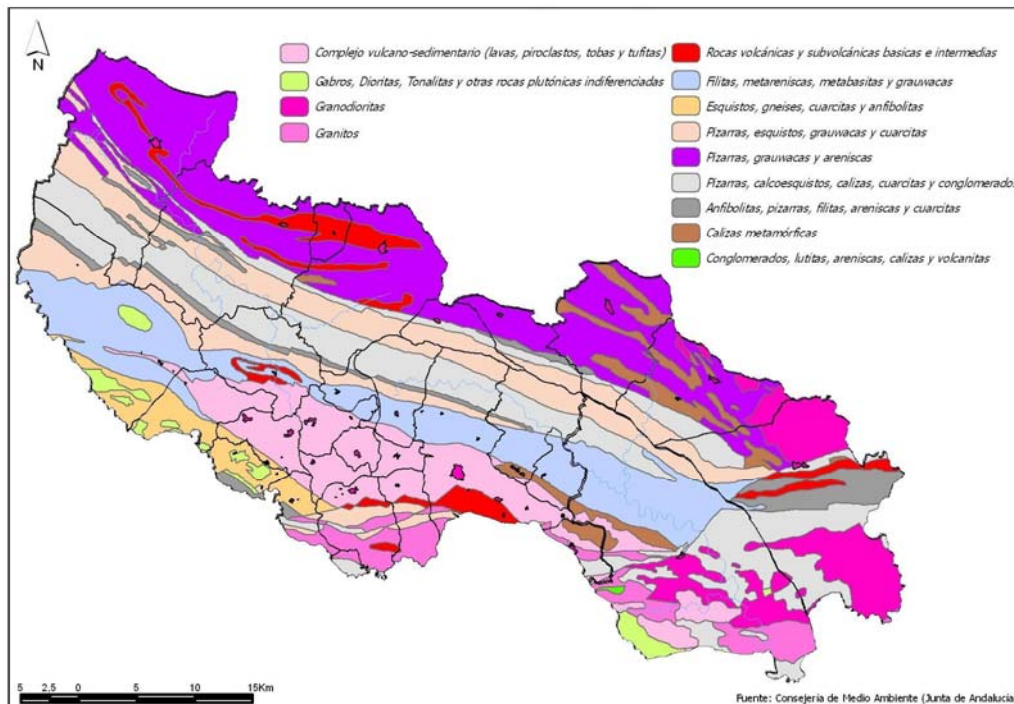


Figura 5: Mapa litológico del ámbito del Parque Natural (IGME-AAA, 2010)

Desde el punto de vista geomorfológico, el relieve actual del Parque es el resultado de dos procesos erosivos diferentes: por un lado, la acción erosiva de los cursos de agua que han segmentado el relieve mediante valles encajados, con una topografía escarpada y pendientes abruptas, y por otro, la erosión diferencial que ha actuado suavizando los materiales más blandos y resaltando los de mayor dureza. Estos materiales resistentes constituyen, en la actualidad, los relieves más altos del Parque, como las Peñas de Aroche, compuestas por rocas ácidas, granitos fundamentalmente; la Sierra del Castaño donde destaca el Paraje Riscos Altos, formado por rocas plutónicas de composición granítica; o la cumbre que domina Alájar, formada por mármoles, rocas que provienen de unos sedimentos carbonáticos depositados en el fondo de los mares, y posteriormente compactados y metamorizados.

La erosión diferencial también ha dado origen al espectacular relieve que se puede observar en los denominados “batolitos”, formaciones graníticas de gran interés geomorfológico y paisajístico que afloran en los extremos del Parque: las Peñas de Aroche, el batolito de Santa Olalla del Cala y, en un recorrido de 40 km por el borde suroccidental de la comarca, el de Campofrío.

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)



Batolito en Santa Olalla de Cala (IGME-AAA, 2010)

Así la geomorfología del Parque viene definida tanto por la litología como por la presencia de una importante red fluvial, consecuencia de las abundantes precipitaciones y de la existencia de un sustrato impermeable en muchas zonas del Parque, que favorece la escorrentía.

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)

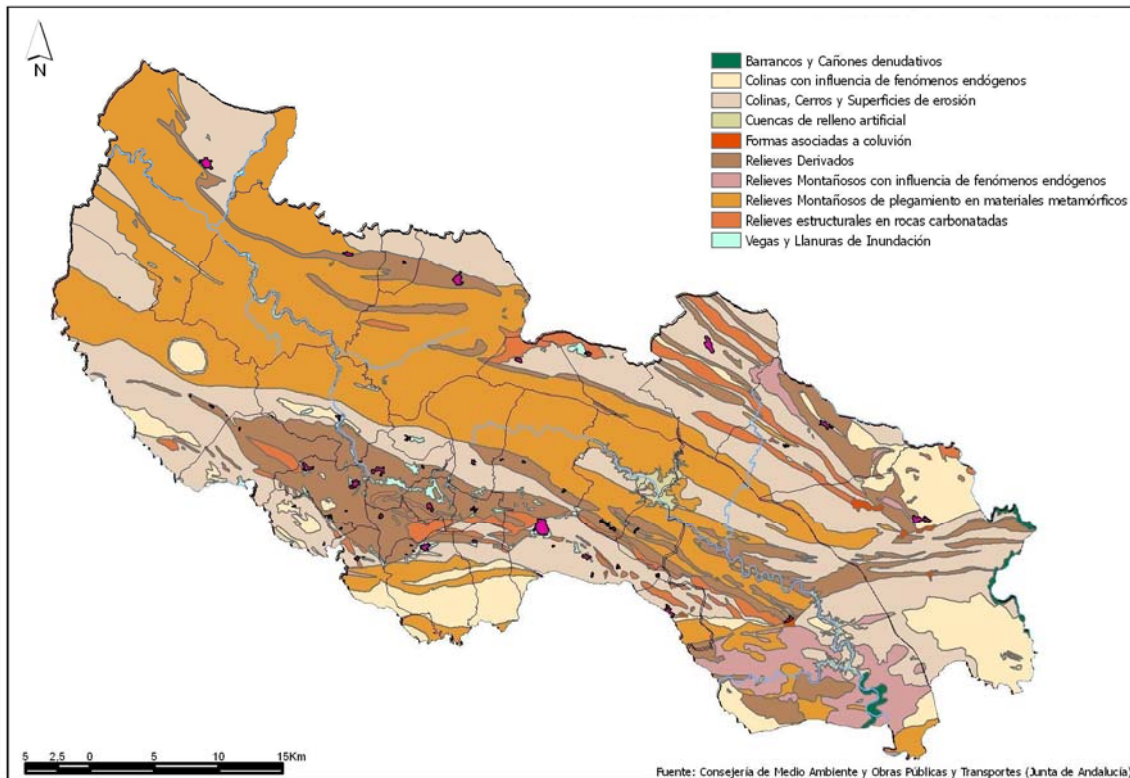


Figura 6: Mapa geomorfológico del ámbito del Parque Natural (IGME-AAA, 2010)

La presencia de niveles carbonatados cálcicos y/o magnésicos, además de la abundante vegetación y precipitaciones, favorece la formación de modelados típicamente kársticos. En el Parque Natural, las rocas carbonatadas que ocupan mayor extensión son las dolomías y las calizas marmorizadas del Cámbrico Inferior, con una potencia comprendida entre los 250 y los 400 m. Unido a la naturaleza caliza de los materiales, el clima, con precipitaciones medias anuales superiores a los 700 mm/año, ha propiciado el proceso de karstificación en gran parte del ámbito territorial del Parque.

Así, en la Sierra de Aracena existen formas exokársticas de lapiaz y dolinas, Campos de lapiares tipo *Rundkarren* que se pueden observar en una zona anexa a la cantera de Aracena (N-433, tramo Aracena-Los Marines, en el trazado antiguo de la misma). También hay que destacar los acuíferos kársticos que han propiciado la formación de travertinos y tobas, de las que existen impresionantes muestras en el Parque, como son los *travertinos de la Peña de Arias Montano* en Alájar y los *travertinos de Zufre*, y *Las Tobas* en Higuera de la Sierra.

No obstante, lo más destacable del Parque son las numerosas formas endokársticas o subterráneas, de gran valor hidrogeológico, como cuevas o cavidades, consideradas como las entradas de los complejos sistemas kársticos laberínticos. El caso más singular lo constituye la *Gruta de las Maravillas* en Aracena, de gran interés turístico y con gran riqueza de endoformas.

El ámbito territorial del Parque está surcado por una intensa red hidrográfica superficial con valles alargados dispuestos en dirección preferente NO-SE, en concordancia con la dirección principal de las grandes estructuras geológicas. El régimen de estos cursos fluviales es el propio de la región mediterránea, con fuertes oscilaciones de caudal anuales, caracterizado por presentar un mínimo estival y un máximo invernal, e interanuales.

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)

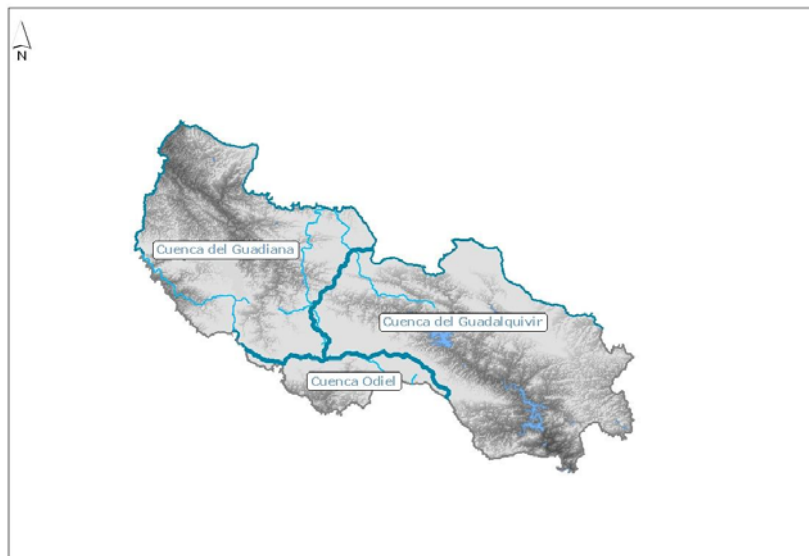


Figura 7: Cuencas hidrográficas (IGME-AAA, 2010)

Actualmente, los cursos de agua que discurren por el Parque Natural, donde tiene origen la mayoría de los ríos de la provincia de Huelva y una parte importante de los de Sevilla, están distribuidos en tres cuencas hidrográficas:

- Cuenca del Guadalquivir, que recoge las aguas de la parte oriental del Parque que vierten a la Rivera de Huelva y a su afluente principal Rivera del Cala. En el ámbito de Parque incluido en esta cuenca, se localizan el embalse de Aracena y el embalse de Zufre, con una capacidad de 128 hm³ y 168 hm³ respectivamente, cuyo uso se destina al abastecimiento de Sevilla y su área metropolitana. La regulación que se hace en estos embalses influyen de manera notable en el régimen natural de funcionamiento de las Riveras de Huelva y de Cala.
- Cuenca del Guadiana, que recoge las aguas de la parte occidental del Parque en la cuenca de la Rivera del Múrtigas y de la Rivera del Chanza.
- Cuenca del Odiel, con escasa extensión en los límites del Parque Natural. Está constituida por la Rivera de Linares y la Rivera de Santa Ana, entre otras, que vierten sus aguas al Río Odiel.

Los dos grandes acuíferos kársticos del Parque son el acuífero de la Sierra de Aracena o de Galarozas-Zufre y el acuífero de Cañaveras-Santa Olalla. En ambos casos las formaciones permeables están formadas por calizas, dolomías y mármoles del Cámbrico (500 m.a.). Otras formaciones permeables, poco representadas en el Parque y que por tanto dan lugar a pequeños afloramientos acuíferos, las constituyen los materiales aluviales asociados a los principales cauces fluviales (río Múrtigas y Chanza) y las masas de travertinos, que afloran en lugares emblemáticos de este entorno, como son la localidad de Zufre y la Peña de Arias Montano, en Alájar.

También deben ser consideradas las amplias extensiones de afloramientos de materiales acuitardos, fundamentalmente metavolcanitas, existentes en el Parque. Estas rocas almacenan agua pero la transmiten con dificultad, por lo que es muy difícil construir sondeos de explotación de aguas subterráneas que sean productivos. Sin embargo, hasta la fecha, muchas de las aldeas existentes en el Parque han sido abastecidas con captaciones en estos materiales. Cabe destacar la presencia de un

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)

buen número de perforaciones mixtas, consistentes en un pozo central al que se le añaden unos drenes horizontales, con los que se busca interceptar el mayor número de fracturas verticales y la zona de alteración superficial de este tipo de rocas. Por otro lado, estas formaciones descargan de forma continua, mediante un efecto denominado “goteo” a las formaciones acuíferas con las que contactan y a los ríos que las interceptan y contribuyen, por la gran extensión de sus afloramientos, al mantenimiento de los caudales de drenaje de ríos y manantiales, en los periodos secos.

El acuífero de la Sierra de Aracena o de Galaroza-Zufre, donde se encuentra el Lavadero de Los Marines, consiste en un conjunto de modestas elevaciones, formadas por rocas carbonáticas, que culminan en el vértice del Pico del Castaño (962 m s.n.m.). Asociados a este acuífero existen dos cauces de caudal permanente, la Rivera del Múrtigas y el arroyo de la Fuente del Rey.

Este acuífero está formado por rocas metamórficas, afectadas por un metamorfismo de alta temperatura y baja presión, que pertenecen a la conocida Banda Metamórfica de Aracena (BMA). En el sector donde se encuentra el acuífero, se distinguen distintas formaciones geológicas. Los materiales poco permeables situados bajo el acuífero carbonático de la Sierra de Aracena consisten en rocas metamórficas de la formación La Umbría (filitas, fundamentalmente), a las que se superponen dos niveles acuíferos: el inferior, constituido por unos 400 m de mármoles y calizas de la formación Aracena, y el superior, de tipo multicapa, formado por los mármoles dolomíticos y calizas de la formación Volcanosedimentaria. La suma de todos los niveles carbonáticos intercalados entre las metavolcanitas, de carácter acuitardo, puede llegar a superar los 300 m de espesor. La estructura general del acuífero corresponde a la de un gran anticlinal, retocado por fracturación con, al menos, cuatro familias de fracturas, las más importantes de dirección NO-SE a E-O y N60E.

Todo el perímetro del acuífero es cerrado al flujo subterráneo. El límite está definido por dos importantes fracturas. La fractura septentrional, de dirección aproximada E-O, y la fractura meridional, de igual dirección, que separa los dominios de Bajo Grado y Alto Grado de la BMA. El límite oriental del acuífero corresponde a la ruptura en la continuidad geométrica de los materiales acuíferos por desplazamientos provocados por una familia de fallas de dirección N60E.

La superficie total del acuífero es 166,6 km². En el acuífero afloran 16 km² de mármoles dolomíticos y calizas de las formaciones Aracena y Volcanosedimentaria y 7 km² de materiales acuíferos detríticos. El resto son afloramientos, mayoritariamente, de metavolcanitas.

Dos fallas, que pertenecen a la familia de fracturas N60E, impiden la conexión geométrica de los materiales permeables del acuífero, de forma que éste queda compartimentado en tres sectores con un funcionamiento hidrogeológico independiente (IGME-JA, 2006): el sector occidental, el central y el oriental.

- En el sector central del acuífero (23,8 km²), donde se ubica la Fuente-Lavadero de Los Marines, afloran 6 km² de materiales acuíferos carbonáticos, fundamentalmente de la formación Aracena, que se reparten en dos afloramientos desconectados geométrica y estructuralmente. El septentrional consiste en el flanco norte del anticlinal de Fuenteheridos. El meridional lo forman los afloramientos del flanco sur del anticlinal. La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia y el flujo subterráneo, del sector septentrional, se dirige hacia el norte, hacia el manantial de la Fuente del Castaño en Aracena, mientras que en la zona meridional el flujo se dirige hacia el sur, hacia el manantial de La Herrería en Linares de la Sierra. “Los escasos datos de caudal específico y transmisividad disponibles, indican una transmisividad de moderada a alta. La información disponible permite indicar la mayor inercialidad del sistema que es drenado a favor de la Fuente del Castaño, con respecto al que es drenado por el manantial de La Herrería” (IGME-JA, 2006).

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)

ACUÍFERO DE LA SIERRA DE ARACENA

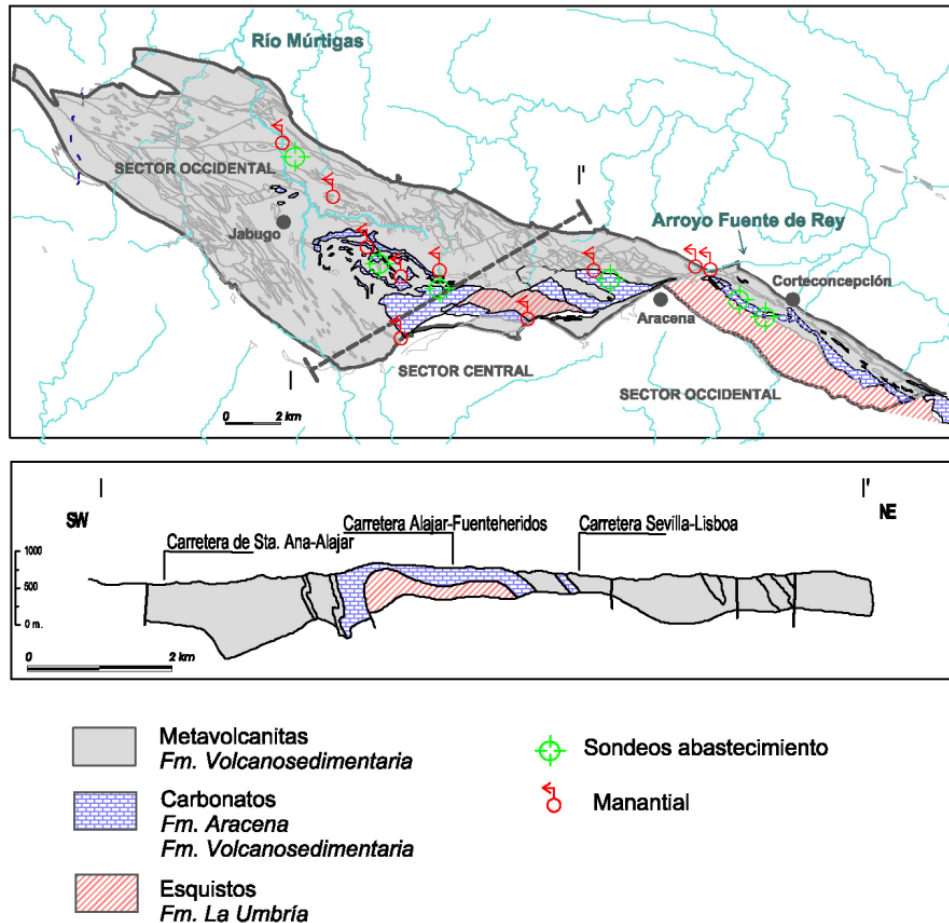


Figura 8: Mapa hidrogeológico y corte hidrogeológico del acuífero de la Sierra de Aracena (Martos-Rosillo *et al.*, 2006)

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

Los acuíferos que se encuentran en el Parque se ven influenciados por el régimen de precipitaciones naturales que se registran en la zona. La presencia de numerosos afloramientos de materiales acuitados y de baja permeabilidad, favorece la existencia de cursos superficiales, si bien, otra parte importante de la fracción de lluvia termina recargándose en los acuíferos.

En el acuífero de la Sierra de Aracena o Galaroza-Zufre, no existen aportes de aguas laterales provenientes de otros acuíferos, ni otro tipo de aportes externos. En el estudio realizado por el IGME para la Agencia Andaluza del Agua (IGME-JA, 2006), se han incluido cálculos y estimaciones del balance hídrico para el periodo 2003-2005, entre el agua recargada y las salidas medidas en manantiales, ríos y pozos, ha permitido mejorar el balance de este acuífero, de forma que la recarga media anual que se produce sobre materiales permeables es de 8,8 hm³/año, de los que 2,9 hm³/año son captados mediante tomas directas en los manantiales y sondeos de abastecimiento, 1,9 hm³/año se drenan por manantiales y 4 hm³/año lo hacen hacia la Rivera del Múrtigas y hacia el arroyo de la Fuente del Rey. El balance hídrico para el periodo 2003-2005, sería el siguiente (IGME-JA, 2006):

	Sector Occidental	Sector Central	Sector Oriental	Total
Entradas				
Infiltración del agua de lluvia	5	2,5	1,3	8,8
Salidas				
Salidas hacia ríos	3,3	0	0,7	4
Salidas por manantiales	0,3	1,3	0,3	1,9
Salidas por bombeos + captaciones	1,4	1,2	0,3	2,9

Balance hídrico del acuífero de la Sierra de Aracena (cifras redondeadas en hm³/año)
(IGME-JA, 2006)

En un año medio y con la explotación actual, todos los sectores del acuífero son excedentarios, en lo que a recursos hídricos del sistema se refiere. En estos años y en los húmedos, se generan unos excedentes que dan lugar a un incremento en el almacenamiento de recursos en el acuífero. En los años secos, y sobre todo, cuando estos se presentan de forma continuada, se produce una disminución del drenaje subterráneo por manantiales y hacia los ríos, e incluso muchas fuentes llegan a secarse” (IGME-JA, 2006).

Existen una serie de zonas de descarga natural del acuífero carbonático de la Sierra de Aracena constituidas por manantiales. Uno de ellos es el manantial de la Fuente de Los Marines (103770018).

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)

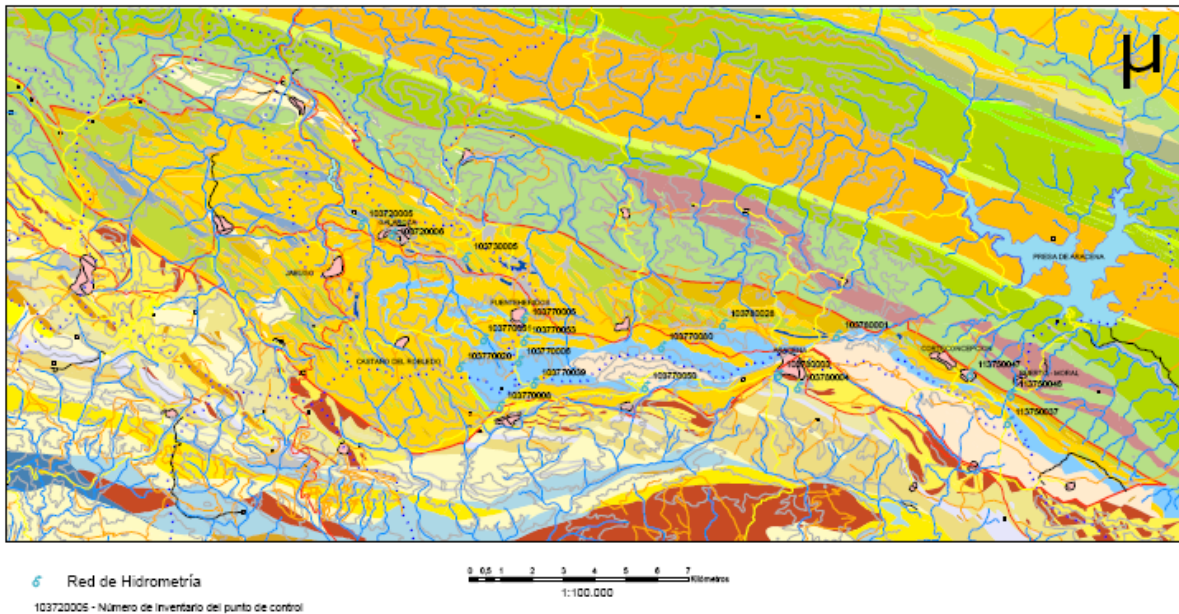


Figura 9: Red de control hidrométrico (IGME-JA, 2006)

Las aguas del Parque Natural son poco mineralizadas. Presentan conductividades eléctricas con un valor medio de 500 a 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una temperatura media anual de 14-15 $^{\circ}\text{C}$, que coincide con la temperatura media del aire en las principales zonas de recarga. Las facies principales son la bicarbonatado cálcica y bicarbonatado cálcico magnésica. Son frecuentes las variaciones estacionales de la composición físico-química del agua subterránea de los manantiales. En el estiaje, las aguas suelen presentar una mayor mineralización y un ligero incremento de la temperatura con respecto a las épocas de crecida del caudal. Localmente pueden existir manantiales de características netamente diferentes a las antes citadas, con contenidos en sales muy superiores y facies hidroquímicas claramente anómalas, que suelen estar asociadas a la presencia de flujos profundos y que se sitúan próximos a importantes zonas de fractura (IGME-AAA, 2010).

En definitiva, con excepción de las anomalías citadas, la calidad natural de las aguas de estos acuíferos suele ser excelente y apta para todos los usos. No obstante, hay que destacar que la naturaleza carbonática de los acuíferos de la zona los hace muy vulnerables a la contaminación, por la existencia de numerosas fracturas y conductos kársticos por los que es fácil la introducción y rápida propagación de posibles agentes contaminantes en los acuíferos, bien por su vertido directo sobre afloramientos permeables o por la contaminación de ríos y arroyos que, indirectamente, acabaría afectando a los acuíferos, dada su evidente interconexión en la zona donde afloran rocas permeables” (IGME-AAA, 2010).

Las aguas del sector central son bicarbonatado cálcico magnésicas. Los parámetros con mayor dispersión son nitratos, sulfatos, cloruros y calcio. Es posible detectar ciertas diferencias hidrogeoquímicas entre las aguas del afloramiento carbonático meridional del sector central, asociado al manantial de La Herrería, y las aguas subterráneas de la zona norte, que drenan el flanco norte del anticlinal de Fuenteheridos, hacia la Fuente del Castaño. Las primeras tienen una mayor proporción de Mg y están desplazadas al campo de las bicarbonatado cálcico magnésicas” (IGME-JA, 2006). En este sector, los resultados analíticos disponibles de 45 muestras de agua subterránea, son los siguientes (en mg/l) (IGME-JA, 2006):

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)

	Min	Max	Media
Ca	1	94	68,222
Mg	1	31	20,733
Na	0	14	8,133
Cl	1	42	15,222
HCO ₃	4	330	278,4
SO ₄	1	38	12,156
NO ₃	0	23	4,773
T ^a	12,4	21,4	14,835
pH	6,1	8,1	7,551
Cond.	54	529	461,721

Se representan a continuación los diagramas de Piper y de Box-Whisker (IGME-JA, 2006):

- Acuífero carbonático de la Sierra de Aracena
- Sector central del acuífero de la Sierra de Aracena

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)

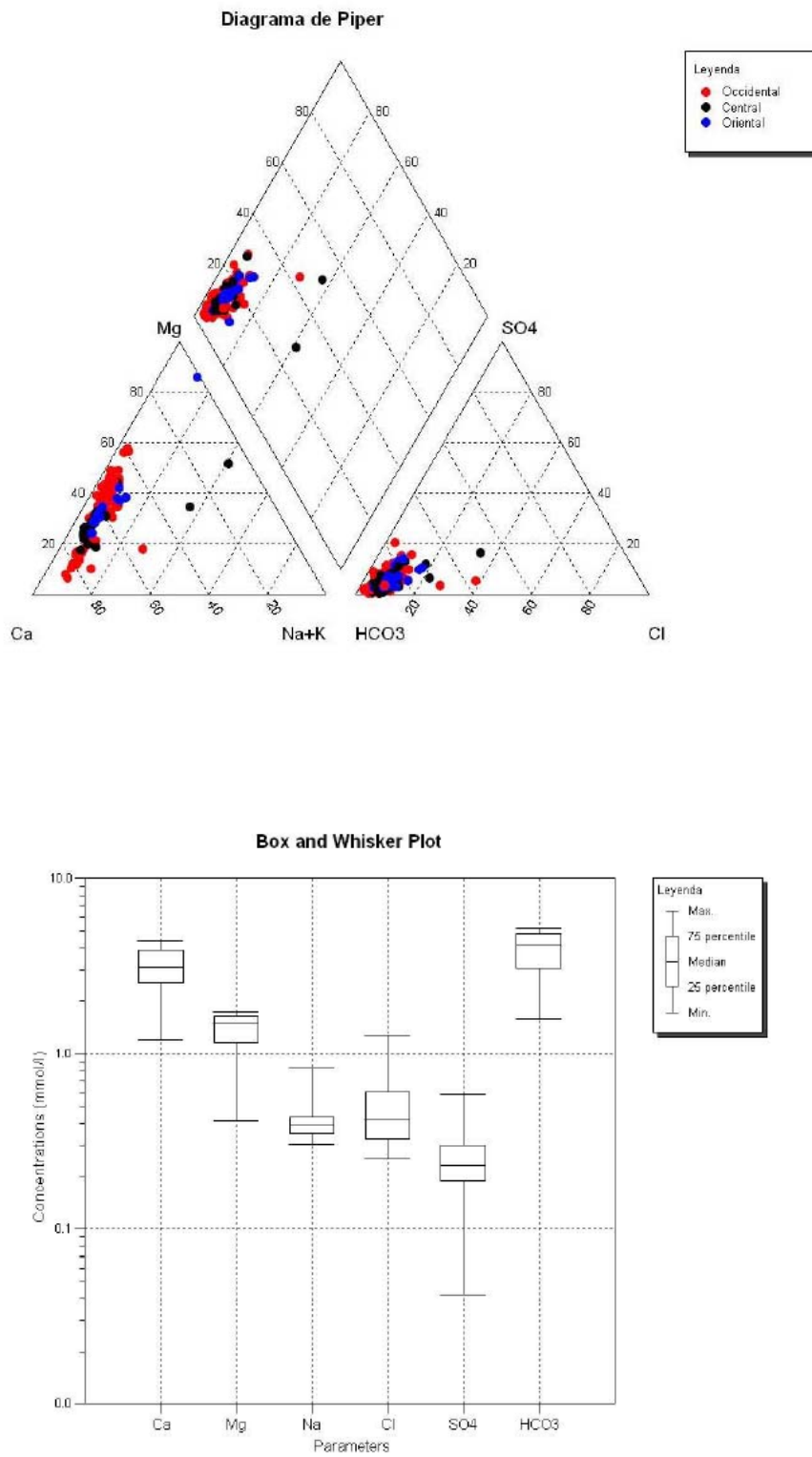


Figura 10: Acuífero carbonático de la Sierra de Aracena, diagramas de Piper y de Box-Whisker (IGME-JA, 2006)

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)

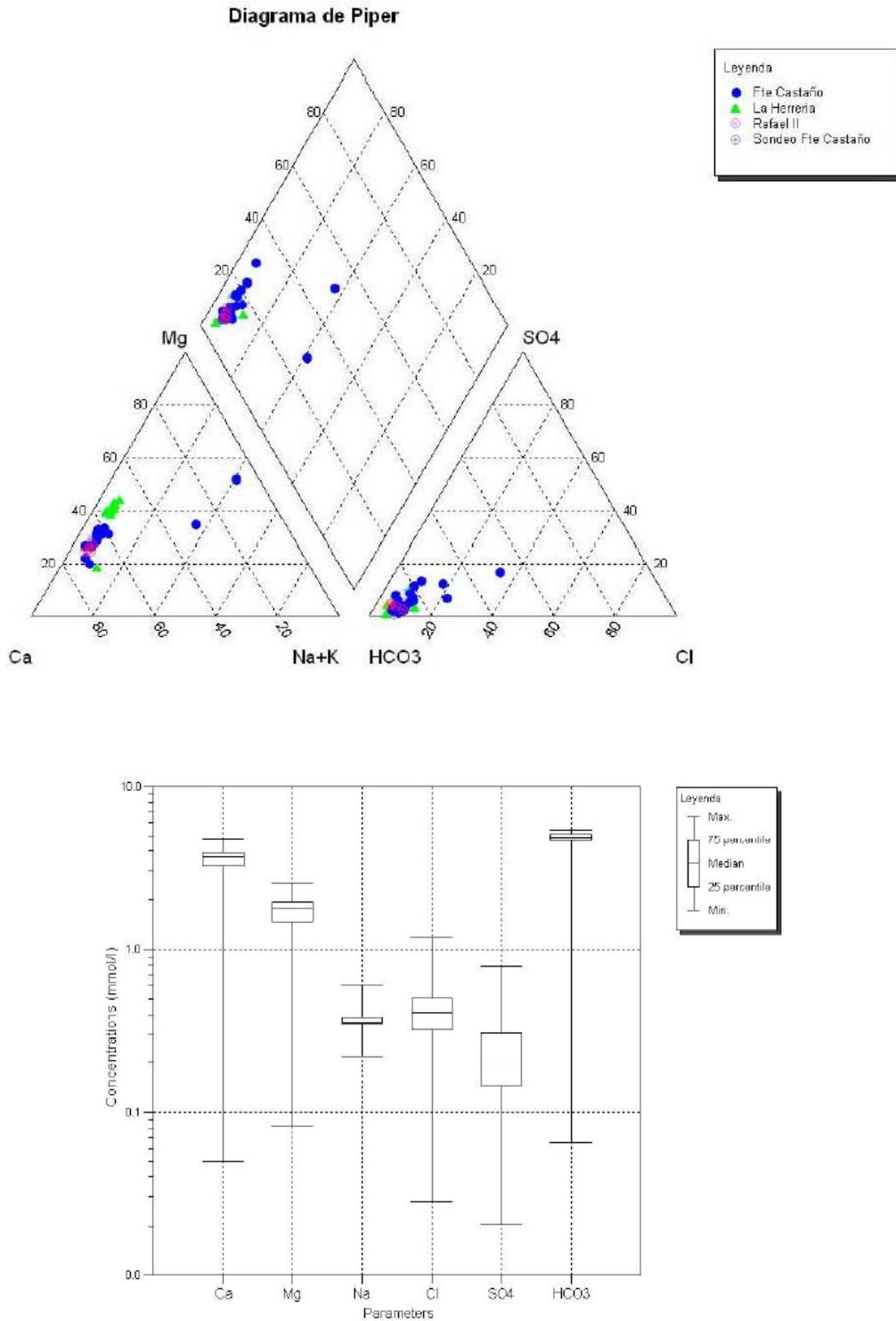


Figura 11: Sector central del acuífero de la Sierra de Aracena, diagramas de Piper y de Box-Whisker (IGME-JA, 2006)

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)

El agua correspondiente a este manantial es bicarbonatada calcico-magnésica, como se puede observar en los diagramas de las figuras 12 y 13, con un nivel bajo-medio de mineralización. Para el año 2003 presenta una conductividad eléctrica media de 515 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y pH de 7,35.

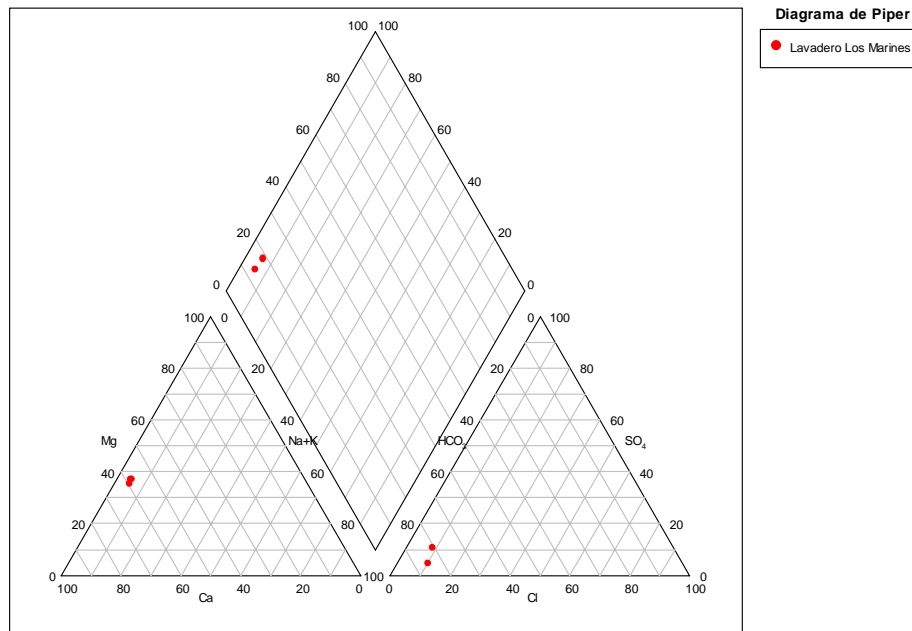


Figura 12: Diagrama de Piper del agua del Lavadero de Los Marines correspondiente al año 2003.

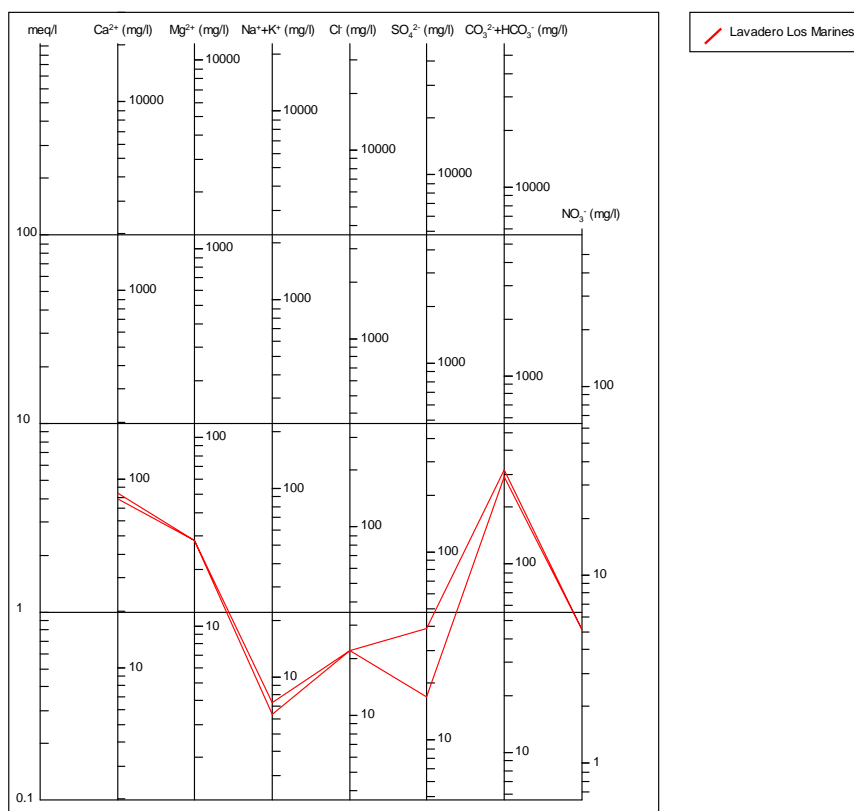


Figura 13: Diagrama de Shoeller del agua del Lavadero de Los Marines correspondiente al año 2003.

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 DE INTERÉS

El punto se sitúa en el Parque Natural de la S^a de Aracena y Picos de Aroche. Es un Lugar de Interés Comunitario y Zona de Especial Protección para las Aves, así como Reserva de la Biosfera. El interés de esta surgencia desde el punto de vista recreativo e histórico es evidente.



Castañares en el entorno de Los Marines (IGME-AAA, 2010)

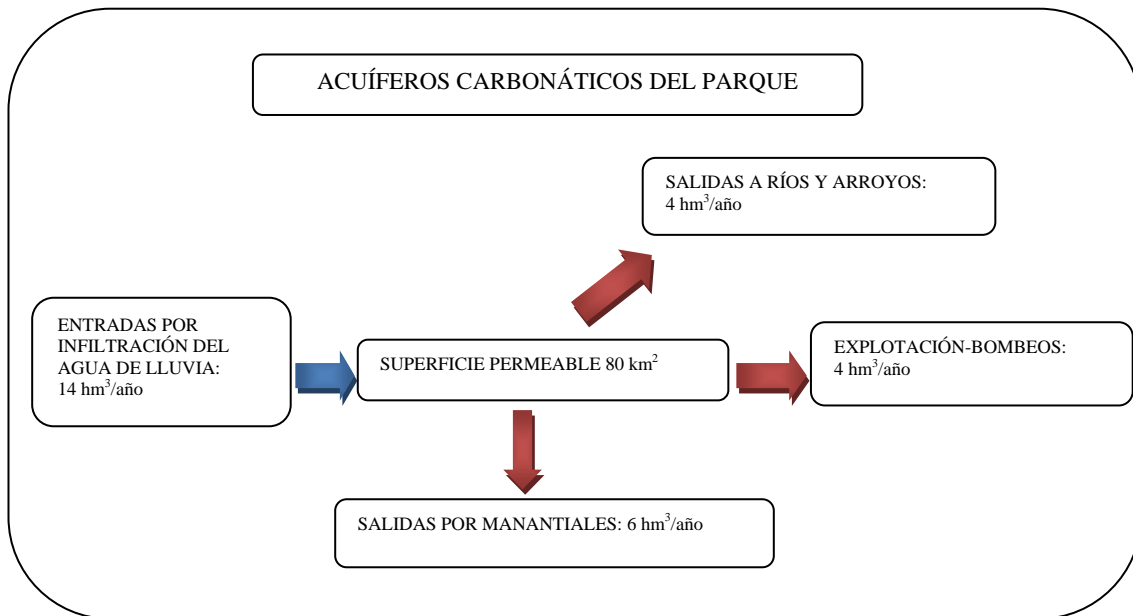
7.- PROTECCIÓN PROPUESTA

7.1.- Presiones

La principal presión a la que está sometido el manantial del Lavadero de Los Marines se debe fundamentalmente al potencial descenso de caudales provocado por un sondeo de abastecimiento a Los Marines que hay junto a la fuente. Este sondeo ha dejado la fuente seca la mayor parte del tiempo. Además, existe también una fuerte presión debido al desarrollo urbano de dicha población.

El Plan Hidrológico considera al conjunto de la Masa de Agua Subterránea 051.045 Sierra Morena en buen estado cuantitativo y cualitativo con un índice de explotación menor de 0,4 ($IE < 0,4$) (CHG, 2010).

De los datos aportados por los balances de los principales acuíferos del Parque, se puede pensar que su funcionamiento se encuentra poco influenciado por las actividades humanas, ya que los bombeos existentes son considerablemente inferiores a las entradas medias estimadas; sin embargo este tipo de apreciación debe ser matizada. La alta compartimentación de los materiales acuíferos hace que existan sectores individualizados que reciben una recarga limitada. Es el caso del sector central del acuífero de la Sierra de Aracena, que se descarga por la Fuente del Castaño, y por los sondeos que abastecen a Aracena. Pues bien, en este sector, la explotación está muy próxima a superar el umbral de explotación recomendado. Esta cuestión unida a la proximidad de los sondeos de explotación provoca el agotamiento, cada vez más frecuente, de la Fuente del Castaño (IGME-AAA, 2010).



Esquema del balance hidrogeológico del Parque (IGME-AAA, 2010)

Cabe mencionar que, “a pesar de que el Parque Natural es una zona serrana con amplios espacios sin la presencia humana, en él existen numerosos focos de contaminación asociados a la actividad antrópica. La proliferación de sondeos, mal diseñados, que comunican la superficie del terreno con los acuíferos carbonáticos, favorece la contaminación del agua subterránea. Es muy frecuente encontrar viviendas, aisladas, en las que las aguas residuales se vierten en fosas sépticas construidas sobre materiales acuíferos. Por otro lado, en ocasiones, el vertido de aguas residuales que se hace desde las depuradoras de las poblaciones, no reúne las condiciones necesarias para ello. A lo anterior se deben

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)

añadir las actividades potencialmente contaminantes derivadas de la actividad agrícola y ganadera (el abonado de los olivos, que suelen estar ubicados sobre afloramientos carbonáticos, las acumulaciones de residuos en áreas de estabulación, etc). Aunque hasta la fecha no se han detectado afecciones importantes en la calidad del agua subterránea de los acuíferos del Parque debido a las citadas actividades, deberían extremarse las precauciones debido a la alta vulnerabilidad de los principales acuíferos y a la fragilidad de los ecosistemas asociados y al alto valor ecológico y paisajístico de la zona” (IGME-AAA, 2010).

7.2.- Figuras de protección, normativa y perímetros previos

Los valores naturales y culturales de este territorio, propiciaron hace dos décadas su declaración como espacio protegido Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, mediante la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de espacios naturales protegidos de Andalucía, y se establecen medidas adicionales para su protección. Este Parque, junto con el Parque Natural Sierra Norte de Sevilla y Parque Natural Sierra de Hornachuelos, en la provincia de Córdoba, fue declarado como Reserva de la Biosfera Dehesas de Sierra Morena, en el marco del Programa MaB (Hombre y Biosfera) de la UNESCO, el día 8 de noviembre del año 2002. Esta Reserva de la Biosfera está basada en la dehesa, como ejemplo de armonía del hombre con la naturaleza, o en términos más contemporáneos, de desarrollo sostenible, donde es posible compatibilizar el crecimiento económico con la conservación de la naturaleza y el bienestar social (IGME-AAA, 2010).

Este ámbito además ha sido incluido como Lugar de Interés Comunitario (LICs) en la Red Natura 2000 y ZEPA (ES0000051), y cuenta con otras figuras de protección como el Monumento Natural Encina Dehesa de San Francisco, en Santa Olalla del Cala, ejemplar representativo de la vegetación autóctona mediterránea, de grandes dimensiones y con más de 250 años; Paraje Natural Peñas de Aroche, formación geomorfológica granítica de gran singularidad y atractivo paisajístico, que alberga una de las principales colonias de buitre negro de Andalucía (IGME-AAA, 2010).

7.3.- Zonación propuesta

Se propone la delimitación de la poligonal para la protección de los carbonatos de la S^a de Aracena en las inmediaciones de la surgencia de dicho manantial.

Tipo de protección: ZONA TIPO A. No autorizadas captaciones adicionales ni actividades potencialmente contaminantes.

La zonificación propuesta tiene relación con los apartados 1 y 3 de la tabla 1. Esta zona tipo A coincide con la zona tipo A de Fuente del Castaño, Fuente de los Doce Caños, Fuente del Camping y Fuente de Arias Montano.

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)

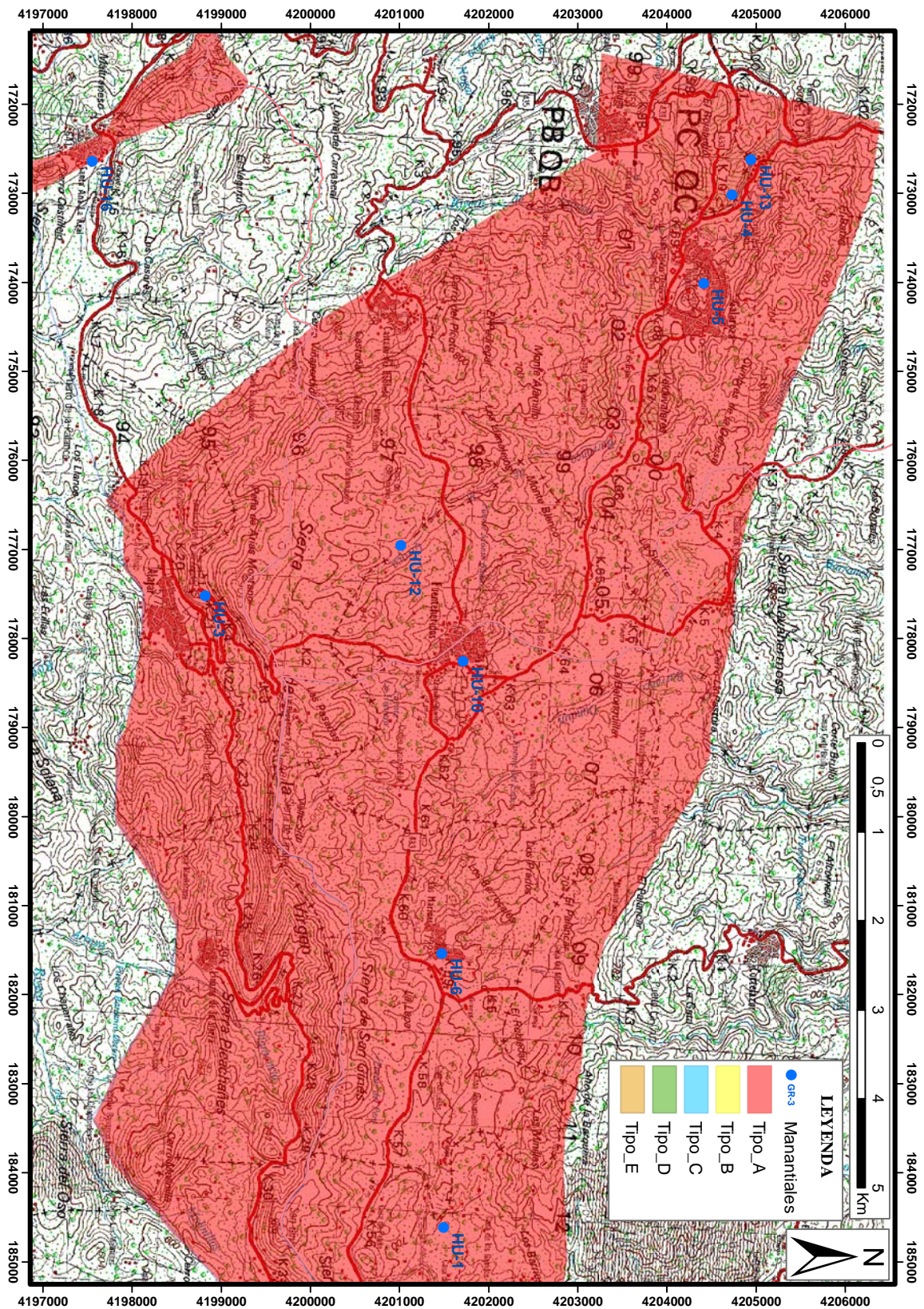


Figura 14: Zonación propuesta para la protección de los carbonatos de la Sierra de Aracena donde se encuentra el lavadero de Los Marines (HU6). Escala original 1:50.000. Zona occidental. 1 de 2.

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)

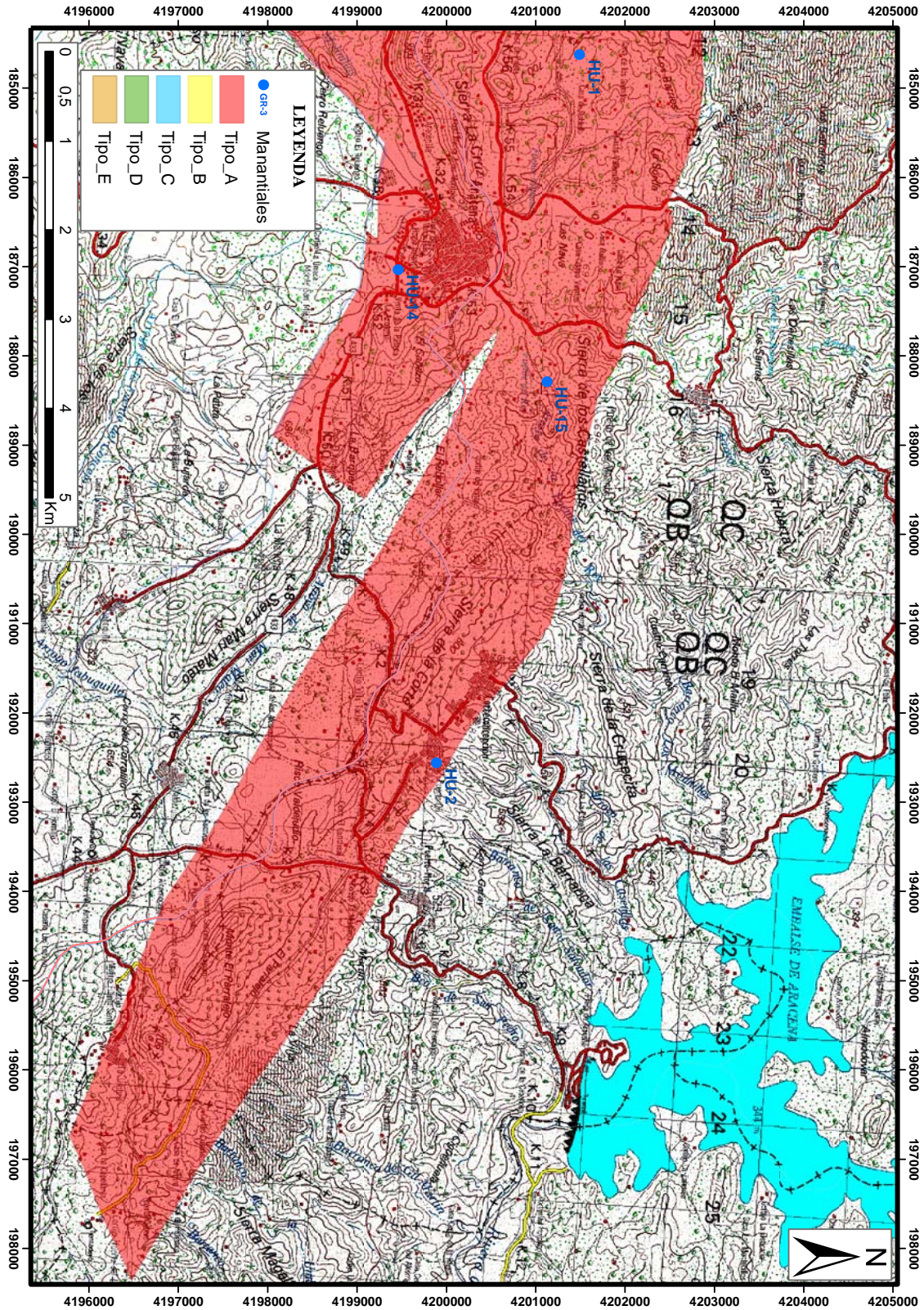


Figura 15: Zonación propuesta para la protección de los carbonatos de la Sierra de Aracena donde se encuentra el lavadero de Los Marines (HU6). Escala original 1:50.000. Zona oriental. 2 de 2.

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 manantial del Lavadero de Los Marines se encuentra en el núcleo de Los Marines. Se compone de fuente-abrevadero y de un lavadero cubierto muy bien conservado. La fuente, con un murete curvilíneo, da paso al abrevadero rectangular y por un canal, al lavadero que tiene siete pilas de pizarra a cada lado, con una lieva central que distribuye el agua a cada pila. Data de finales del siglo XIX y ha experimentado diversas reformas posteriores. Junto a la fuente hay un sondeo de abastecimiento a la población, que ha dejado sin apenas agua a la fuente. La accesibilidad al conjunto es buena y no presenta problema alguno. Destaca principalmente por su interés hidrogeológico, económico, recreativo e histórico-cultural. El estado de conservación es deficiente, fundamentalmente por la explotación del sondeo de abastecimiento. La fuente podría volver a tener agua si se regulara el caudal del sondeo de abastecimiento a la población. En zonas próximas a esta fuente, se encuentran restos de numerosos molinos hidráulicos de harina, uno de los cuales está perfectamente restaurado.



Fuente de Los Marines (Sergio Martos Rosillo)

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 de Los Marines (Sergio Martos Rosillo)



Abrevadero y lavadero de Los Marines (Sergio Martos Rosillo)



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



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

No se propone su control, salvo salidas de agua excepcionales.

10.- BIBLIOGRAFÍA

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>

CHG (2010). Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (documento para consulta pública).

Del Val, J., Durán, J.J. y Ramírez, F. (1998). “La Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva)”. En: Karst en Andalucía. Eds. J.J. Durán y J. López. ITGE. Madrid, 183-187.

Fajardo, A y Tarín, A (2004). Guía de la Sierra de Aracena y Picos de Aroche. Recorrido Natural y cultural. Ed: Miguel Ángel Marín.

http://www.andaluciarustica.com/los_marines.htm

IGME (2009). “Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Demarcación Hidrográfica 051 Guadalquivir. Masa de Agua Subterránea 051.045 Sierra Morena”. Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Asistencia técnica para el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

IGME-AAA (2010). “El agua en el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche”. Ed: M. Martín Machuca, López-Geta, J. A., Fernández-Palacios, J.M. Martos-Rosillo, S. Instituto Geológico y Minero de España y Agencia Andaluza del Agua. Madrid. 176. pp

IGME-JA (2006). “Proyecto para la aplicación de las aguas subterráneas al abastecimiento mancomunado de los pueblos de la Sierra de Aracena (Huelva)”. Memoria y Anexos. Convenio específico entre la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, y el Instituto Geológico y Minero de España, para el desarrollo del programa de asistencia técnica en materia de aguas subterráneas. 149 pp.

Martos-Rosillo, S., Moral, F., Rodríguez, M. y Ocaña, A. (2006). “Evaluación de los recursos hídricos en la cabecera del río Múrtigas, Sierra de Aracena (Huelva)”. En: Karst, cambio climático y aguas subterráneas. Eds. J.J. Durán, B. Andreo y F. Carrasco. Publicaciones del IGME, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº 18, 91-99.

Medianero, J.M. (2003). “Fuentes y lavaderos en la Sierra de Huelva”. Diputación de Huelva. Colección Investigación. Serie Arte. 204 pp.

Vera, J.A. (2004). “Geología de España”. Sociedad Geológica de España – Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.