

62791
(II)

**FASE 2: CONSIDERACIONES SOBRE EL
ESTUDIO DE VIABILIDAD REALIZADO POR
EL AYUNTAMIENTO, ASPECTOS LEGALES Y
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS EN LAS
AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PARCELA
MUNICIPAL (FRAILES, JAÉN)**



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España



MINISTERIO DE
EDUCACIÓN Y
CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

**FASE 2: CONSIDERACIONES SOBRE EL
ESTUDIO DE VIABILIDAD REALIZADO POR
EL AYUNTAMIENTO, ASPECTOS LEGALES Y
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS EN LAS
AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PARCELA
MUNICIPAL (FRAILES, JAÉN)**

CORREO ELECTRÓNICO

granada@igme.es

Urb. Alcázar del Genil, 4
Edif. Zulema. Bajo
18006-Granada
Tel. : 958 183143
Fax : 958 122990



INFORME	Identificación: H.2. Reconocimientos y estudios Estudio sector balneario de Frailes (Jaén) H2.1.2005
	Fecha: 2004
TÍTULO FASE 2: CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE VIABILIDAD REALIZADO POR EL AYUNTAMIENTO, ASPECTOS LEGALES Y CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PARCELA MUNICIPAL (FRAILES, JAÉN)	
PROYECTO Actualización y mejora del conocimiento de la hidrogeología de la provincia de Jaén, caracterización hidrogeológica de Parques Naturales y perímetros de protección, como asesoramiento a la Diputación Provincial (2004-2006).	
RESUMEN En el marco del Convenio de Colaboración establecido entre el IGME y la Diputación Provincial de Jaén, se viene desarrollando una serie de estudios hidrogeológicos como mejora del conocimiento de distintos sectores con interés hidrogeológico de la provincia de Jaén, junto a las labores complementarias de seguimiento de sondeos de explotación, calidad de las aguas subterráneas, ... * continuar al dorso en caso necesario	
Revisión Nombre: Juan Antonio López Geta Unidad: Hidrogeología y Aguas Subterráneas Fecha: 2004	Autor: Juan Antonio Luque Espinar Responsable: Juan Carlos Rubio Campos



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UN BALNEARIO REALIZADO POR EL AYUNTAMIENTO
3. CALIDAD DEL AGUA EN LA PARCELA DEL AYUNTAMIENTO
4. ALGUNOS ASPECTOS LEGALES
5. CONSIDERACIONES FINALES
6. TRABAJOS CONSULTADOS



1. INTRODUCCIÓN

Esta nota forma parte de las actuaciones previstas en el Convenio de Colaboración suscrito entre la Diputación Provincial de Jaén y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

En una primera fase se ha realizado un análisis de la documentación existente en relación con las aguas utilizadas en los Baños de Ardales, que se localizaban al sur de Frailes, y su situación actual. Igualmente, se ha efectuado un reconocimiento geológico e hidrogeológico de detalle de la zona de estudio, que está relacionada con la unidad hidrogeológica 05.28 Montes Orientales (figura 1).

En esta segunda fase, se presenta una valoración general de los resultados obtenidos en el trabajo realizado en 1999 por el Ayuntamiento de Frailes para estudiar la viabilidad de la puesta en funcionamiento de un balneario. Se comentan los resultados obtenidos en dicho estudio en relación con la parcela municipal, y se pone énfasis en las lagunas existentes en la información disponible, pues, entre otras cuestiones, no se aborda la posible existencia de algún proceso contaminante, especialmente orgánico. Debido a que el informe de sanidad es vinculante y que podría ser negativo, es muy importante determinar si existe algún tipo de contaminación en dicho aluvial.

2. CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UN BALNEARIO REALIZADO POR EL AYUNTAMIENTO

En el año 1998, el Ayuntamiento de Frailes adjudica la realización de un trabajo para estudiar la viabilidad de poner en funcionamiento un balneario en la localidad de Frailes. En este estudio, básicamente, **se revisa el inventario de puntos de agua, se realizan tres catas, y se toman muestras de agua para su análisis e interpretación de resultados.** Finalmente, se presenta una valoración de resultados y se recomiendan nuevas actuaciones en una posible continuación del mencionado estudio.

A continuación se comentarán los resultados de este estudio de acuerdo con el orden expuesto en la memoria.

Las catas realizadas aportan información del perfil litológico hasta el nivel de agua y la calidad del agua en el nivel final alcanzado en dichas catas. No obstante, hay algunos aspectos que se deberían haber contemplado. En este sentido, no se aclara si hay agua en niveles superiores. En

Figura 1. Hidrogeología del sector de Frailes.



MANANTERO DE ENSEÑANZA Y CIBERNIA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOTÉCNICO DE BURGOS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA





las tres catas se describen unos lodos fangosos con olor sulfhídrico por encima del nivel de agua, y que en la 2 y 3 tienen, además, arenas intercaladas. Se puede suponer que tienen agua, al menos, empapando el sedimento. Se debería haber cogido una muestra y extraerle el agua para su análisis, con objeto de aproximar el papel de este tramo en el funcionamiento hidrogeológico del conjunto de materiales aluviales y en la calidad de las aguas. La muestra de agua tomada en las catas, al igual que en los pozos muestreados se debe interpretar como un valor medio de la calidad del agua que circula por estos materiales, puesto que al tomar la muestra de agua de esa forma, se desconoce si existen distintas calidades de agua en los distintos tramos diferenciados. Debido a la técnica empleada, **no se sabe si los niveles inferiores presentan algún grado de confinamiento**. En relación con esto, se mencionan la existencia de, al menos, **dos niveles permeables sin aportar más información**. Por último, **la excavación se debería haber utilizado, además, para realizar ensayos de permeabilidad en los distintos tramos, determinar con mayor precisión la columna litológica del aluvial y estimar la porosidad eficaz de los mismos**.

La analítica realizada es bastante completa, sin embargo, mediante la misma no se aclaran algunos aspectos de las características de estas aguas relacionados con la procedencia del nitrógeno en las distintas formas analizadas, ni tampoco la presencia del fósforo. Los valores de estos parámetros no se interpretan, y únicamente se realizan algunos comentarios respecto a la temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, y facies hidroquímica, presentando mayor interés la interpretación realizada respecto a la variabilidad de este parámetro. Con estos datos se afronta la definición del sector donde aparecen las aguas sulfhídricas (figura 2), concluyendo que existe una relación entre los valores de oxígeno disuelto (figura 3) y bicarbonato (figura 4). No obstante, **en la memoria no se aportan con claridad los argumentos que justifican esta relación**.

Debido a que sólo se ha realizado una campaña de toma de muestras y la forma en que se ha recogido, se debe tener en cuenta el problema que supone interpretar aguas procedentes de distintos niveles permeables que, además, se complica con la presencia de otras muestras que recogen una mezcla de aguas originadas en niveles permeables distintos. Esto implica que los planos de isovalores pueden no ser representativos de los parámetros que se están estudiando; también se debe tener en cuenta el grado de representatividad de un único valor cuando no se dispone de un registro histórico. La escasez de información tampoco permite realizar un análisis de numérico para poder establecer con un mínimo de solidez posibles relaciones entre los distintos parámetros analizados.

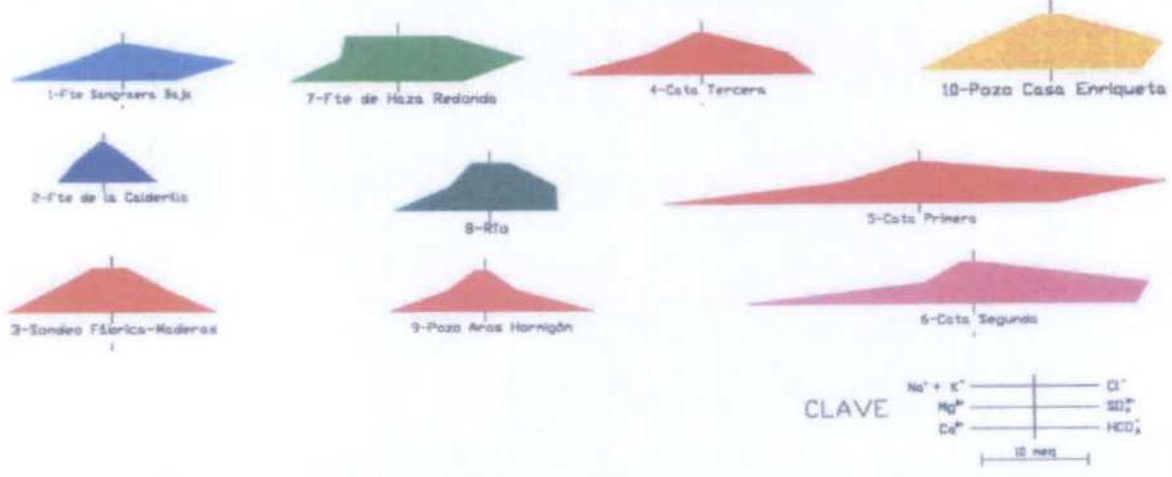
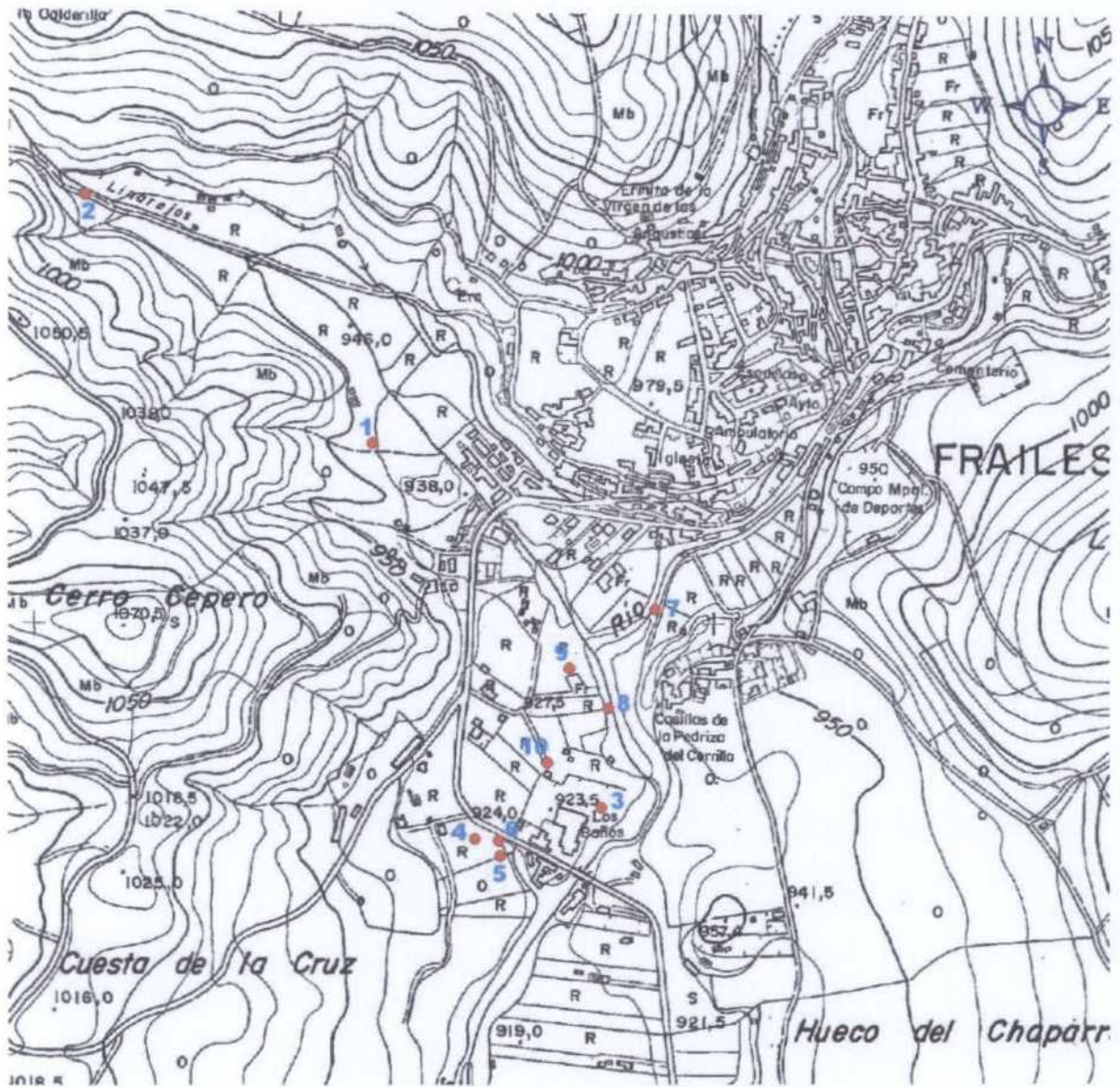


Figura 2. Situación de los puntos analizados y diagramas de Stiff correspondientes.

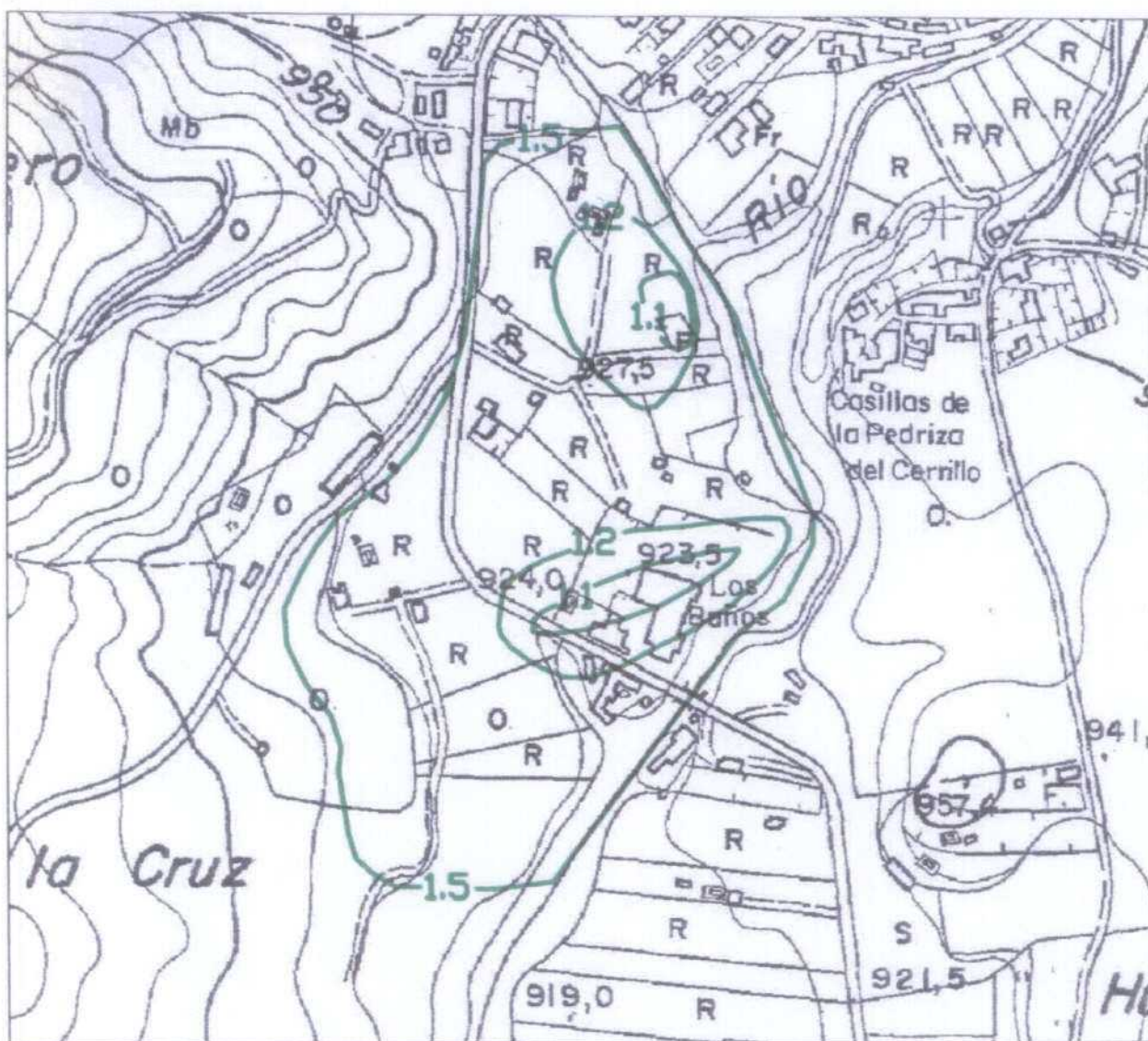


Figura 3. Plano de contenidos de oxígeno disuelto.

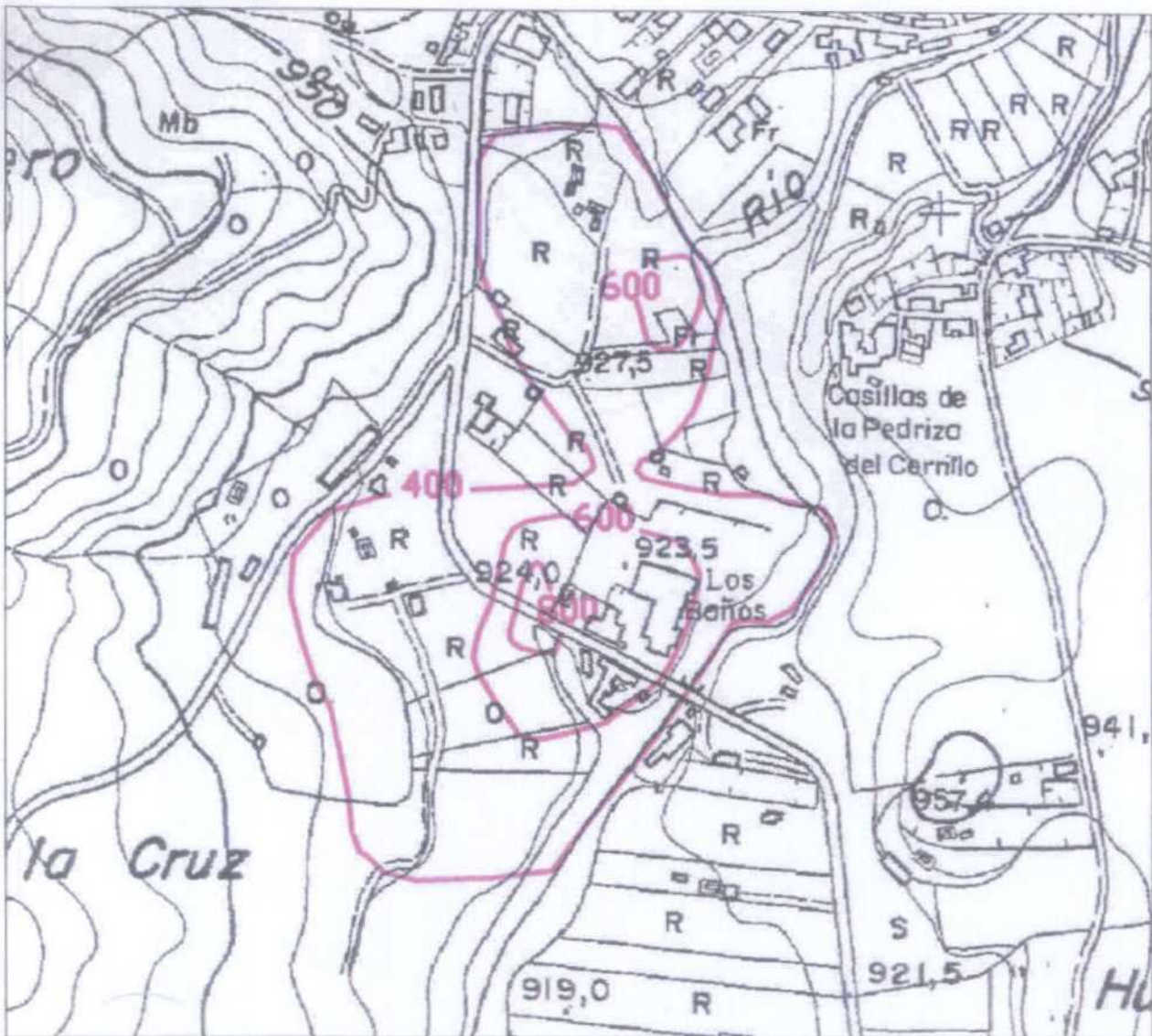


Figura 4. Plano de contenidos de bicarbonatos.



Por otra parte, teniendo en cuenta que parte de los parámetros analizados presentan valores que indicarían contaminación (nitratos, nitritos, amonio, y fosfatos), se debería haber incluido entre dichos parámetros la DBO, DQO, potencial redox, análisis microbiológico, y los isótopos del nitrógeno. Para poder completar la interpretación de los procesos que se están produciendo en el aluvial, también se deberían analizar otras especies del azufre, también F⁻, hidróxidos férricos, e hidróxidos mangánicos, así como algunos metales pesados Fe, Mn, Cu, Zn, y As.

En la parte final de la memoria realizada se realiza una *"estimación de las posibilidades del acuífero"*, pero los valores de caudal aportados no se justifican. Finalmente, se recomienda realizar unos trabajos complementarios en una segunda fase del estudio, que consisten en una cartografía hidrogeológica, un estudio fotogeológico, una geofísica eléctrica, y un sondeo mecánico. Con los trabajos complementarios se pretende establecer la geometría del aluvial y su serie estratigráfica, determinar la área de alimentación, estimar los caudales de explotación, y *"un diagnóstico sobre las posibilidades de captación de aguas sulfhídricas y características del equipo y obra a realizar"*. No se propone ninguna tarea para caracterizar focos potenciales de contaminación ni para determinar si existe algún proceso contaminante en el aluvial que pueda afectar a la calidad de las aguas que circula por el mismo, tales como riego, abonado, aguas residuales, ...

La segunda fase del estudio, de fecha septiembre de 1999, vuelve a hacer una descripción de los valores obtenidos en la analítica realizada en la primera fase, donde se comenta la posible existencia de algún proceso contaminante que aporte nitratos al medio subterráneo; se duda en el mismo de los valores de nitritos obtenidos. Se menciona la variabilidad hidroquímica existente y la posibilidad de que existan distintos procesos hidroquímicos; aporta algunas hipótesis para justificar parte de los valores observados. Por otra parte, se reconoce que al no haber realizado medidas de potencial redox (Eh), los procesos químicos relacionados con el nitrógeno quedan parcialmente explicados. En general, las características hidroquímicas de los materiales aluviales se detallan más y se caracteriza mejor el funcionamiento del sistema para generar las aguas de composición y características organolépticas de interés. Sin embargo, las estimaciones realizadas respecto a los caudales disponibles no están ni claras ni argumentadas. Igualmente, la posible existencia de contaminación orgánica no se aborda.



En la segunda parte de esta memoria se abordan los trabajos recomendados al final de la primera fase del estudio realizado; en particular, el análisis de las fracturas, cartografía geológica, geofísica, y situación y características de un sondeo de investigación.

La hipótesis que mencionan como más probable, descrita en el epígrafe 13, de funcionamiento hidrogeológico de los materiales relacionados con el aluvial del río Fardes no está argumentada suficientemente.

Con la investigación geofísica eléctrica realizada se establece, aparentemente, una geometría del aluvial a grandes rasgos. No obstante, esta geofísica se podría haber completado mediante la realización de otra geofísica pero mediante métodos electromagnéticos, pues según se desprende del trabajo realizado podría existir aguas más salinas a determinada profundidad, de esta manera se podría comprobar la posible existencia de cambios más o menos bruscos en relación con dicha salinidad; es probable que también hubieran permitido establecer la geometría del contacto del aluvial con el substrato.

Por último, los resultados del sondeo no permiten aclarar algunos problemas que se deberían haber resuelto con el mismo. En concreto, no se aporta como se ha estimado el volumen efectivo de las arenas intercaladas ni las dimensiones de los materiales permeables, por lo que el caudal continuo calculado no parece convincente. No se dice el método de perforación utilizado, aunque es probable que se haya realizado a rotación sin extracción de testigo continuo; en este sentido, el sondeo se debería haber realizado mediante esta técnica y haber realizado algunos ensayos y toma de datos que condujeran a establecer distintos aspectos del funcionamiento hidrogeológico tales como permeabilidad, porosidad, tránsito de zona de oxidación a reducción mediante el análisis en el sedimento de hidróxidos de hierro y manganeso, existencia de flujos, grado de confinamiento de los paquetes arenosos, y calidad del agua existente en las distintas capas permeables intercaladas. Este sondeo, que debería haber llegado al substrato, se cementaría una vez realizadas todas las pruebas necesarias para evitar posibles mezclas de agua y alteración de la circulación natural del agua.



3. CALIDAD DEL AGUA EN LA PARCELA DEL AYUNTAMIENTO

El Ayuntamiento de Frailes realizó en noviembre de 1998 dos catas en la parcela de su propiedad y una en la parcela vecina en el marco del estudio realizado (figuras 2 y 5). Estas catas se realizaron "para la identificación de los sedimentos y comprobación de su saturación en agua sulfhídrica" y alcanzaron los 6 m de profundidad.

Los materiales atravesados, de acuerdo con el estudio mencionado, fueron en la cata nº 1:

De 0 m a 2 m: Suelo vegetal marrón arcilloso.

De 2 m a 3 m: Lodos fangosos grises con olor a sulfhídrico y arenas intercaladas.

De 3 m a 6 m: Lodos grises con pasadas de arenas y abundantes restos de materia orgánica vegetal en descomposición.

Cata nº 2:

De 0 m a 2 m: Suelo vegetal marrón arcilloso.

De 2 m a 3 m: Lodos fangosos grises con olor sulfhídrico y arenas intercaladas.

De 3 m a 6 m: Lodos grises con pasadas de arenas y abundantes restos de materia orgánica vegetal en descomposición.

Cata nº 3:

De 0 m a 0,90 m: Suelo vegetal marrón arcilloso amarillento.

De 0,90 m a 1,70 m: Lodos fangosos grises con olor a sulfhídrico.

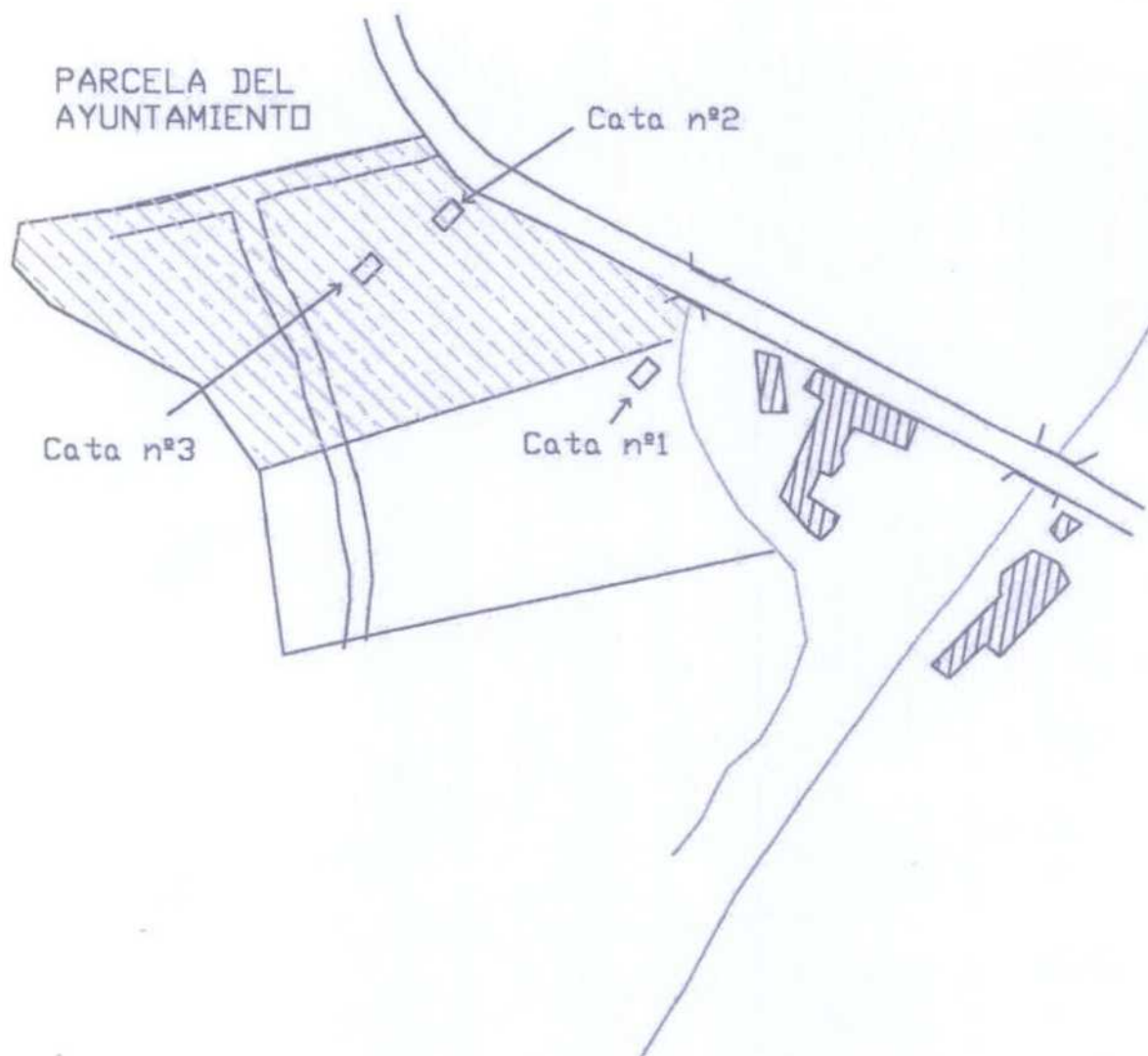
De 1,70 m a 2 m: Nivel de arenas y gravas amarillentas.

De 2 m a 5,50 m: Lodos grises con pasadas de arenas y abundantes restos de materia orgánica vegetal en descomposición.

Una vez terminadas las catas, la empresa ejecutora de los trabajos realizó las determinaciones en campo que aparecen en la tabla 3 y tomó muestras de agua para analizarlas en laboratorio, cuyos resultados aparecen en la tabla 4.

REF	TIPO	COOR X	COOR Y	COTA	NP (m)	T (°C)	Q (l/s)	C (µS/cm)	pH	O.D. (mg/l)
4	Cata 3	425658	4148682	925	5	16,5	-	1478	7,21	1,2
5	Cata 1	425686	4148658	923	6,1	15,1	-	2580	7,94	1,2
6	Cata 2	425686	4148684	923	5,5	14,9	-	2350	7,4	1,1

Tabla 3. Catas realizadas y medidas de parámetros en campo.



ESCALA 1:2000
POSICIÓN DE LAS CATAS
Plano PL-4

AYUNTAMIENTO DE
FRAILES (Jaén)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

Figura 5. Localización de las catas realizadas en la parcela del Ayuntamiento.



REF	TSD	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼⁼	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Sílice
4	1389	8,80	3,3	61	254	12,4	390	646	0,6	4,17	1,40	1,26	6,3
5	2570	13,80	3,9	90	491	13,7	1136	805	4,0	0,35	5,73	0,88	5,9
6	2272	19,10	6,3	56	428	13,1	794	936	8,0	0,45	5,38	0,01	6,0

Tabla 4. Parámetros analizados en las muestras de agua extraídas en las catas.

Como se puede comprobar, la mayor parte de los parámetros analizados o medidos (conductividad, total de sólidos disueltos, calcio, magnesio, bicarbonatos, amonio y sulfatos) son los más altos de todo el aluvial en las catas 1 y 2; estas aguas son de composición sulfatada cálcica y presentan el característico olor que produce el sulfhídrico. El resto de parámetros presentan valores también altos. La composición del agua de la cata 3 es bicarbonatada cálcica y los parámetros analizados son inferiores a los determinados en las otras catas.

En el sondeo realizado en el estudio del Ayuntamiento se tomó una muestra para su análisis en el año 2001, como ya se ha mencionado anteriormente. Hay diferencias importantes en los resultados obtenidos respecto a los de las catas, que en principio no tienen justificación si se tiene en cuenta la escasa distancia existente; en alguno de estos parámetros el valor obtenido tiene un valor intermedio al determinado en las tres catas. Hay algunos parámetros, al igual que en el estudio del Ayuntamiento, especialmente altos (sulfatos, magnesio, hierro, y manganeso). Sin embargo, destacan los valores obtenidos de nitritos y amonio, que indican la existencia de contaminación, en principio. En concreto los valores obtenidos son:

Conductividad eléctrica: 1880 μ S/cm

pH: 7,40.

Sulfatos: 700 mg/l

Magnesio: 70 mg/l

Hierro: 21,0 mg/l

Manganeso: 1,27 mg/l

Cromo: 0,025 mg/l

Cianuros: 0,009 mg/l

Nitritos: 2,8 mg/l

Amonio: 7,1 mg/l



4. ALGUNOS ASPECTOS LEGALES

Se debería estudiar y aclarar los siguientes extremos:

- La compra de los terrenos donde se localizan las aguas con declaración de utilidad pública no implica el traspaso de los derechos mineros. El traspaso debe solicitarse a la autoridad minera.
- También debe tenerse en cuenta que la autorización de explotación de los recursos puede haber caducado, extremo que debe comprobarse.
- Independientemente del titular del derecho minero, aunque la autorización no haya caducado, ésta se puede declarar caducada en los supuestos que recoge el Título VII, artículo 106 de la Ley y Reglamento de Minas.
- Por otra parte, se debe tener cuenta que se puede solicitar la apertura de un expediente de caducidad y, una vez concedida, la Administración sacaría a concurso los derechos mineros.
- Otros aspectos que se deben tener en cuenta se describen en el Título VII, artículo 132 de la Ley mencionada, en donde se dice, entre otras cosas, que *"El titular de una autorización de aprovechamiento de recurso de la Sección B) tendrá derecho a la ocupación temporal o expropiación forzosa de los terrenos necesarios para la ubicación de los trabajos, instalaciones y servicios"*.
- Por último, cualquiera puede solicitar información con objeto de averiguar si el derecho minero está caducado o no.



5. CONSIDERACIONES FINALES

En los estudios hidrogeológicos realizados por el Ayuntamiento a través de una empresa, se estudian las características hidroquímicas de los materiales aluviales situados al sur de Frailes. En dichos estudios, se establecen los principales procesos hidroquímicos que conducen a la generación de aguas sulfatadas. Se delimita de forma aproximada el sector del aluvial del río Frailes donde la composición del agua es sulfatada y además se percibe un olor a huevos podridos muy intenso, debido, teóricamente, a la liberación de ácido sulfhídrico, gas que no ha sido analizado en los estudios del Ayuntamiento mencionados.

Se ha detectado una carencia en la interpretación de los resultados obtenidos en los trabajos realizados, la falta de algunas determinaciones (distintas especies de azufre, manganeso, hierro, cobre, cinc, arsénico, flúor, hidróxidos de hierro y manganeso, potencial redox, principalmente) y ensayos que deberían completar el estudio realizado (permeabilidad en distintos horizontes, porosidad eficaz, descripción más detallada de la serie estratigráfica atravesada en las catas, geofísica mediante métodos electromagnéticos). En el caso de los parámetros físico-químicos del agua, en el segundo estudio se debería haber realizado, al menos, otro análisis en todos los puntos empleados en el primer estudio como contraste de los valores observados en el primer estudio.

Para establecer la viabilidad de una posible explotación balneoterápica de estos recursos, habría que completar los estudios realizados en la línea de trabajo descrita en apartados anteriores. Se considera prioritaria la determinación de posibles procesos de contaminación orgánica, teniendo en cuenta la presencia de nitrógeno y fósforo, pues el informe de sanidad es vinculante. En el primer estudio se debería haber analizado, además, la microbiología del agua, DBO, DQO, potencial redox, y los isótopos del nitrógeno con objeto de aclarar la procedencia del mismo. Estos análisis se deberían haber repetido en el segundo estudio.

En la parcela del Ayuntamiento, de acuerdo con los datos aportados por el estudio realizado en el año 1999, junto con otros sectores del aluvial, se estarían produciendo los procesos hidrogeoquímicos que generan las aguas usadas en los baños de Ardales hasta la Guerra Civil española, es decir, aguas sulfatadas y presencia ácido sulfhídrico que sería el causante del fuerte olor a huevos podridos.



Otro aspecto que no se ha analizado en profundidad es la repercusión que tendría la explotación del aluvial en la relación río-acuífero y las posibles incidencias que tendría en la calidad de las aguas que potencialmente utilizarían las futuras instalaciones del balneario. En este sentido, una explotación prolongada mediante uno o varios sondeos, podría provocar la incorporación forzada de aguas procedentes del río al flujo que alimenta el sistema aluvial que genera las aguas sulfurosas; esta situación provocaría el deterioro progresivo de la calidad de las aguas sulfurosas, puesto que el río presenta una calidad muy diferente. Un futuro uso de estas aguas se debería basar, en principio, en un sistema no forzado mediante instalaciones electromecánicas (circulación del agua por gravedad), con objeto de preservar el sistema de flujo natural.

Igualmente, se deberían tener en cuenta las observaciones realizadas en esta memoria en relación con la situación legal y administrativa de este recurso.

El Autor del estudio

Juan Antonio Luque Espinar

Oficina de Proyectos del IGME de Granada



6. TRABAJOS CONSULTADOS

- Álvarez Alcalá, F. 1850. Manual de las aguas minerales de España y principales del extranjero, Madrid, 256 pp.
- Catalán Lafuente, J.G. 1969. Química del agua. Ed. Blume.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (ed). 1983. Hidrología subterránea (segunda edición). Ed. Omega.
- DGOH. 1999. Actualización del inventario de recursos subterráneos en la cuenca alta del Río Guadalbullón y del Río Torres (Jaén).
- IRENA. 1999a. Estudio de viabilidad del recurso agua como elemento básico para la puesta en funcionamiento de un balneario en la localidad de Frailes. Inédito.
- IRENA. 1999b. Estudio de viabilidad del recurso agua como elemento básico para la puesta en funcionamiento de un balneario en la localidad de Frailes. Inédito.
- IGME. 1913. Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.
- IGME. 1986a. Archivo nacional de puntos minero-medicinales, minero-industriales y de bebida envasada.
- IGME. 1986b. Proyecto de investigación para la mejora del abastecimiento de agua a los núcleos urbanos del sector suroccidental de la provincia de Jaén.
- IGME. 1991. Mapa geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 991 Iznalloz.
- IGME-CHG. 2001. Normas de explotación de la unidad hidrogeológica 05.28 Montes Orientales.
- IGME-DPJ. 2001. Caracterización y evaluación del potencial hídrico de las aguas minerales, minero-medicinales y termales de la provincia de Jaén.
- ITGE-DPJ. 1997. Atlas hidrogeológico de la provincia de Jaén.
- Junta de Andalucía-ITGE. 1991. Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la comunidad autónoma de Andalucía.
- Ley de Minas y su Reglamento. Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Murcia Cano, M.T. 2002. Aproximación a la historia del Balneario de Frailes. Rincón "glamouroso" de finales del siglo XIX. Ayuntamiento de Frailes.
- Rubio, P.M. 1853. Tratado completo de las fuentes minerales de España, Madrid, 740 pp.