

HIDROGEOLOGÍA DEL PUERTO DE SANTA OROSIA (YEBRA DE BASA, HUESCA)

José Antonio CUCHÍ^{1,2}
José Luis VILLARROEL^{1,2}

RESUMEN. — Los acuíferos en conglomerados son poco frecuentes dentro del Alto Aragón. El más importante es el albergado en el conglomerado fisurado del puerto de Santa Orosia. El presente trabajo describe sus características hidrológicas e hidroquímicas

ABSTRACT. — Aquifers on conglomerates are uncommon in the Alto Aragón. The most important is hosted in the fissurated conglomerates of the Santa Orosia grassland. The present paper describe its hydrogeological and hydrochemical characteristics.

KEY WORDS. — Aquifer, conglomerate hydrogeology, hydrochemistry, Santa Orosia, Aragón (Spain).

INTRODUCCIÓN

La montaña del puerto de Yebra de Basa presenta un claro interés geológico patente en el recorrido por las ermitas, desde la iglesia de Yebra de Basa hasta el santuario de Santa Orosia, como adecuadamente describe BELMONTTE (1999). Los materiales geológicos de la montaña del puerto tienen una

¹ Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Edificio Torres Quevedo. C/ María de Luna, 3. E-50071 ZARAGOZA.

² Grupo de Tecnologías en Entornos Hostiles (GTE). Universidad de Zaragoza. cuchi@unizar.es, jlvilla@unizar.es

naturaleza diversa, dentro del Eoceno pirenaico. Su base está formada por materiales margosos marinos, de color gris, muy acarcavados e impermeables. No albergan fuentes salvo rezumes puntuales, en su mayor parte relacionados con modestos acuíferos alojados en los niveles de glaciais, fácilmente reconocibles por su topografía en hombrera y el color pardo de sus suelos.

Hacia la mitad del ascenso del puerto, desde Yebra, a la altura de la pequeña ermita de las Arrodillas hay un neto cambio de materiales geológicos y aparecen los conglomerados de Santa Orosia, del Bartonense superior. Estos dominan la parte superior de la subida, cuyo elemento natural más típico es un gran estrato, conocido localmente como *O Zoque*, que acoge varias ermitas rupestres y por donde se despeña una vistosa cascada. En el puerto, hay un brusco paso litológico a las arcillas y conglomerados rojizos de las facies de Bailín, visibles al este del santuario de Santa Orosia, desde el puerto de Sobas a la Corona y que dan paso al Sobrepuerto. Por el norte, el pico de Oturía es un cabalgamiento que ha situado el flysch de la ribera de Biescas sobre los conglomerados. El empuje también dobló suavemente, en forma de U, al conjunto de la montaña formando un sinclinal de eje este-oeste y probable consecuencia de este esfuerzo tectónico es también la intensa fracturación que presenta el conglomerado.

Los conglomerados de Santa Orosia, junto con los de San Juan de la Peña, Oroel, Canciás y Graus, son los restos de enormes conos torrenciales, testigos de la intensa erosión subaérea que afectó a un Pirineo que aún estaba elevándose durante el Eoceno. Su grava se transformó en conglomerados por reprecipitación de carbonato cálcico, de origen probablemente cercano, y transportados por las aguas subterráneas. En Santa Orosia superan los 300 metros de espesor. MONTES (2002), en su interesante tesis doctoral, describe que están formados por una serie de paquetes masivos amalgamados, con morfologías lenticulares y relativamente extensos, separados entre sí por pequeños tramos lutítico-limosos de coloraciones rojizas. Las capas amalgamadas de conglomerados aumentan de espesor desde la base hasta superar los 10 metros de potencia en la zona alta. El tamaño medio de la grava está cerca de los 10 centímetros. La mayoría de los cantos son de arenisca gris que procede del flysch. En menor medida hay también calizas grises y areniscas silíceas de color pardo, que vienen de la *Fm. Marboré*, del Cretácico de las sierras de Telera y Tendeñera, a ambos lados del estrecho de Santa Elena. También se encuentran fragmentos de sílex.

La erosión posorogénica eliminó los materiales arcillosos que se encontraban sobre el conglomerado. Sobre este, en la actualidad se ha formado un suelo de color amarillento, tiene textura limosa y está descarbonatado. Merecería un completo estudio edafológico.

La transformación de bosque a pasto y la sobrecarga ganadera existente desde la Edad Media hasta la primera mitad del siglo XX produjeron serios problemas de erosión antrópica, a la que estos suelos son muy sensibles. Son típicos los escalones en forma de semilunas, con arrastre de finos por agua y viento. La construcción de pistas para vehículos, insuficientemente mantenidas, ha agravado localmente el proceso.

Tabla I. Algunos datos edafológicos de un perfil de suelo junto a la ermita de Santa Orosia (pista).

<i>Horizonte</i>	<i>pH</i>	<i>Color (seco)</i>	<i>Color (húmedo)</i>
Superior	5,95	7,5 YR 4/3	5 YR 3/2
Inferior	6,17	7,5 YR 5,5/4	7,5 YR 3/4

ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO DEL PUERTO DE SANTA OROSIA

Como señala SATUÉ (1988), un elemento fundamental en la historia religiosa del martirio de santa Orosia, es la fuente del puerto. Detectada el agua subterránea por un ángel y aflorada mediante el expeditivo método de “levanta losa”, sirvió para convencer contundentemente al pastor, a quien se le reveló la presencia de los restos, para que dejara el rebaño y trasladara aquellos a Yebra y Jaca. La tradición conserva el lugar de la aparición dado que la adoración de la cabeza el día 25 de junio se hace junto al punto donde brotaba el manantial, hoy reconducido a la actual fuente. Según parece, en el pasado, el paso de la procesión cerca del agua creaba inquietud en los pobres enfermos que la acompañaban al cambiar el color de la imagen.

Esta surgencia, 2009/7/0003 en el catálogo del IGME, es, con mucho, la más importante del puerto y está relacionada con un acuífero de modestas dimensiones. Su estudio tiene cierto interés por su relación con la romería, por su peculiar hidrogeología, y como suministro de agua al puerto. Esta proviene de un tipo de acuífero, de tipo poco frecuente en el Alto Aragón por estar relacionado con la fracturación de conglomerados (CUCHÍ, 1998).

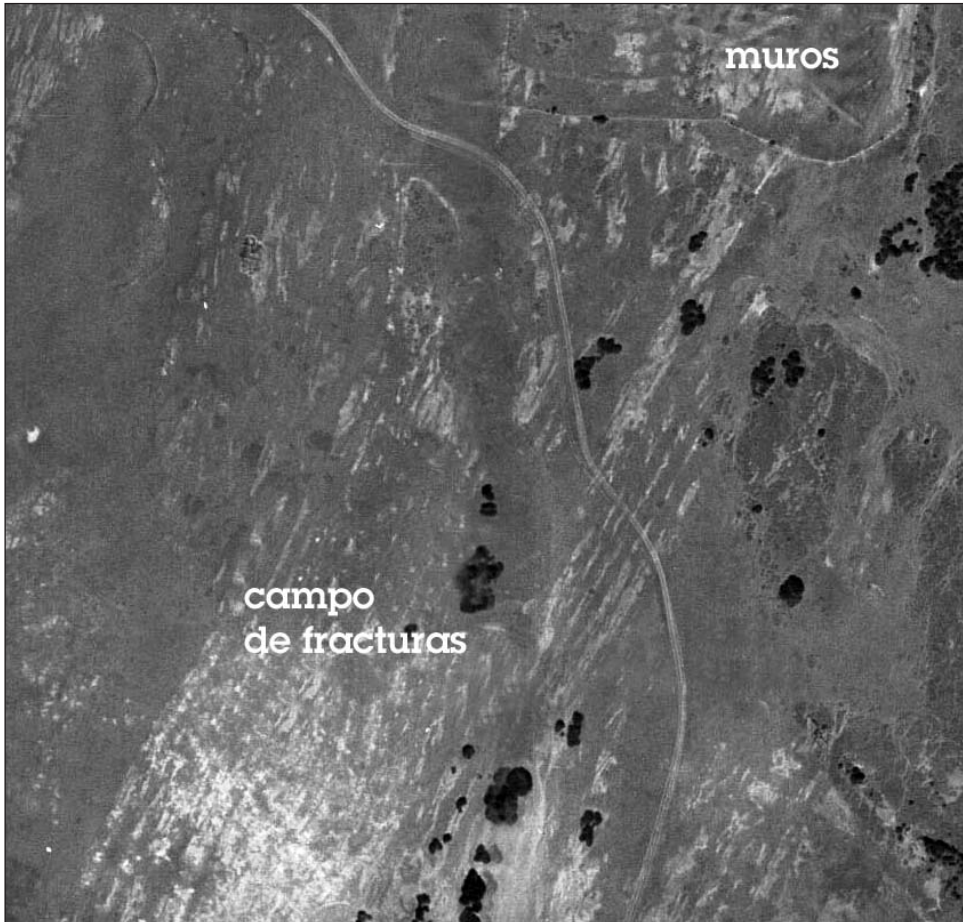


Fig. 1. Campo de fracturas NE-SO en conglomerados en el puerto de Santa Orosia, en el camino de la ermita a La Lera.

En la figura 1 se observa un campo de fracturas, de dirección noreste-suroeste, en los conglomerados, situado en la mala pista que va de la ermita de Santa Orosia a la zona de La Lera, hacia la Mallata de Javierre. A modo de escala, al norte de la imagen aparece una zona de paredes, quizás espaldas de un antiguo panar. Según el SIGPAC, la longitud este-oeste del muro más meridional es de 170 m.

En otras muchas zonas del puerto se puede ver esta misma familia de diaclasas de dirección $N30^{\circ}E$, con una separación entre ellas del orden

de la decena de metros. A juzgar por lo que se ve en O Zoque y en la cueva del puerto pueden llegar a varios metros de profundidad, hasta los materiales arcillosos en los que se excavan las cuevas del camino de ascenso al puerto. Es la más abundante pero no la única familia de fracturas, dado que se intuye otra, de dirección noroeste-sureste, que parece tener mayor control hidrológico.

La fracturación, junto con la relativamente elevada precipitación del puerto, ha favorecido la formación de un acuífero tipo fisurado, donde el agua se recarga y mueve por las fracturas. Pero, además, tiene rasgos mixtos, de otros tipos de acuíferos. La disolución del carbonato cálcico del cemento y de los cantos calcáreos del conglomerado le confiere cierta naturaleza de tipo kárstico. Hay una depresión de ciertas dimensiones, con aspecto de dolina, al noroeste de la Punta del Mallo y también una cueva en el curso inferior del manantial del puerto. A media escala, las fracturas del conglomerado se pueden considerar como un lapiaz estructural. Se observa corrosión en la superficie de los cantos de caliza, pero no se forma un lapiaz propiamente dicho sobre el conglomerado, dado que los cantos se sueltan por disolución prioritaria del cemento y, probablemente, por crioclastia. Esto produce la formación de depósitos secundarios de grava suelta y material limoso de descalcificación que actúan como pequeños acuíferos colgados de tipo detrítico que descargan lateralmente hacia las fracturas colectoras. El conglomerado sano y los niveles geológicos arcillosos actúan como base impermeable.

Los límites del acuífero pueden estimarse con claridad hacia el oeste, en el inicio de las caídas hacia Isún, Satué y Jabierre. Por el norte, esta linde se puede estimar en la ladera meridional de Oturía, donde el flysch margoso, menos permeable, recubre los conglomerados. Es posible, dada la inexistencia de una red fluvial marcada, que la escorrentía de las zonas altas se infiltre en la zona baja de este monte. Por el este, el límite son los materiales margosos rojizos de la *Fm. Bailín*, que forman las coronas que dominan el puerto. Cabría señalar que por este lado los conglomerados quedan confinados por la citada formación y se puede especular sobre un flujo subterráneo lejano hacia el este, asunto que sobrepasa el presente trabajo. Por el sur, el límite natural son las caídas hacia Osán y Yebra. El movimiento general del agua subterránea iría hacia el nordeste, ayudado por el

buzamiento general de los estratos y la segunda familia de fracturas. En una primera estimación se puede asumir que la superficie total del acuífero podría alcanzar los 2 km², que se quedarían en unas 50 ha para el flujo directo hacia la fuente de Santa Orosia y el resto a su arroyo, que forma la cascada sobre las cuevas. La figura 2 presenta un esbozo del área del acuífero que drena la fuente de Santa Orosia, a partir de una gran fractura drenante que también se ha marcado.

Es difícil hacer un balance de agua para este acuífero, dada la inexistencia de datos climatológicos en el puerto y Sobrepuerto. La estación meteorológica más cercana se encuentra al pie de la montaña, en Sabiñánigo. En una primera estimación, la precipitación se puede cifrar en 1000 mm, mientras que la evapotranspiración podría alcanzar los 600 mm. Asumiendo una escorrentía superficial directa superior al 50% restante, se puede pensar en una recarga media del orden de los 200 mm anuales. Esto da un caudal medio de unos 3 l/s, coherente con los caudales estimados. Evidentemente el caudal esta directamente influenciado por la lluvia y fusión de nieve o los periodos de sequía y de helada.

Diversas fuentes aparecen en el puerto. La más importante es la de Santa Orosia. De menor entidad son Fuentañón, Oturía, Sancocobá y la innominada, situada cerca del camino de la procesión. En el monte de Sobas está Baquerizal y la Fuente Corona al otro lado de Oturía, dando vista a Jabierre. En el camino de las ermitas, entre Santa Bárbara y San Blas, se encuentra la fuente A Tosquera, relacionada con una fractura del conglomerado.

El caudal de la fuente de Santa Orosia es variable. Los caudales mínimos invernales se relacionan con los fríos de enero, que hielan el subsuelo. En septiembre de 1993 se midió un caudal de 3,5 l/s. En el mismo mes de 2007 se estimó un caudal inferior a 1 l/s. En deshielo y tras lluvias fuertes el caudal es mucho mayor y desborda, entre la fuente y el ara exterior donde se muestra el cráneo de la santa. Las puntas de caudal se manifiestan aproximadamente a los dos días de lluvias intensas (J. Echevarría, comentario personal).

El agua de la fuente es fría, con datos de 8,0 a 9,7 °C, similar a la temperatura media estimada para el puerto. Es posible que se presenten valores menores en invierno. La conductividad eléctrica sobrepasa los 400 μ S/cm a 25 °C, valor muy típico en aguas subterráneas en calizas del

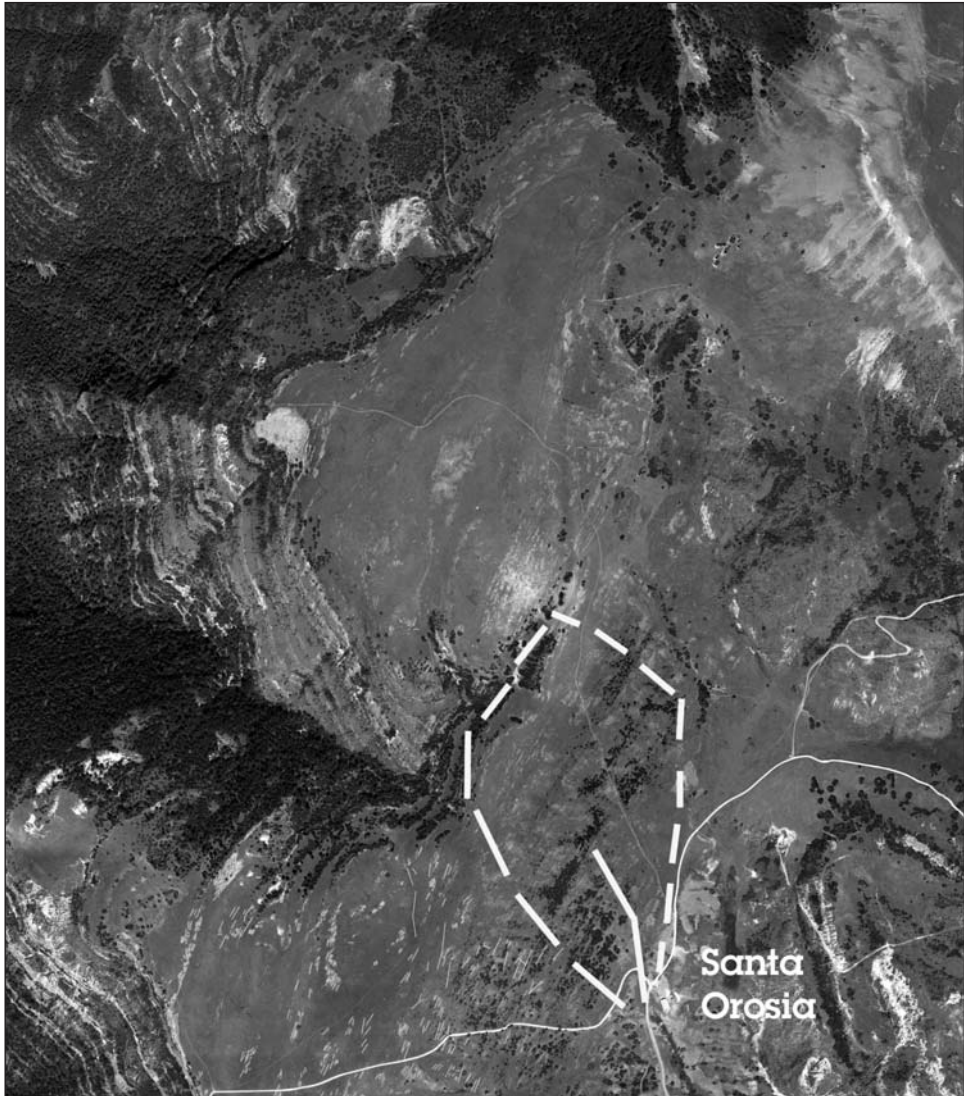


Fig. 2. Límites estimados de la parte del acuífero que drena la fuente de Santa Orosia, y traza del colector subterráneo, sobre ortofoto de SITAR Aragón.

Pirineo y Prepirineo altoaragoneses. A modo de comparación, datos muy similares en temperatura y conductividad se han medido en la Gloriosa de Santa Elena de Biescas. Este valor de conductividad es también típico en Fuenmayor (San Julián de Banzo), en series de varios años.

Tabla II. Algunos datos básicos de campo en la fuente de Santa Orosia.

<i>Fecha</i>	<i>Temp. (°C)</i>	<i>CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C)</i>	<i>Fecha</i>	<i>Temp (°C)</i>	<i>CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C)</i>
16/9/2007	9,7	404	7/10/1992	8,9	–
25/6/2007	9,0	419	2/4/1993	8,0	408
25/6/1999	–	405	25/6/1991	8,5	–

**Fig. 3.** La fuente de Santa Orosia. 25 de junio de 2007.

Se conoce un análisis químico completo del agua de la fuente de Santa Orosia, a partir de una visita realizada el 2 de abril de 1993, con motivo de un estudio de aguas minerales y medicinales de Aragón financiado por la Diputación General de Aragón y el Instituto Geológico y Minero de España. En los datos de campo se observa que el agua presenta pH ligeramente básico (7,242), potencial redox positivo (222,2 mV) y un nivel de oxígeno disuelto de 9,1 ppm, ligeramente por debajo de la concentración de saturación, coherentes con una circulación subterránea somera.

Una muestra de agua tomada en el citado día y analizada en los laboratorios del IGME ofreció los siguientes resultados que se presentan en la tabla III.

Tabla III. Datos químicos del agua de la fuente de Santa Orosia (2/4/1993).
Unidades en miligramos por litro.

Componente	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
mg/l	1	80	4	5,8	248	3	2	1	0,02

Los valores son típicos de la naturaleza del substrato conglomerático del acuífero, donde domina el carbonato cálcico. Su disolución aporta preferentemente iones calcio y bicarbonato. La dureza permanente, expresada en mg/l de CaCO₃, es de 12,8 mg/l. La temporal, en las mismas unidades, de 203,3. La alcalinidad es de 20,33 °f y 11,30 °g (1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l, 1 °g = 10 mg/l CaO). La conductividad eléctrica fue de 408 μS/cm a 25 °C en campo y de 371 μS/cm a 25 °C en laboratorio. El residuo seco, a 110° (197 mg/l).

Evidentemente el agua es de tipo bicarbonatado cálcico, como muestra el diagrama de Piper de la figura 4. Mediante utilización del programa informático Aquachem 3.0 se ha obtenido que en cada litro de agua, de la fecha de muestreo, había disuelto 2,545 miligramos de halita (NaCl, sal común), 180,204 mg/l de calcita (CaCO₃), 30,292 mg/l de dolomita (CaMg(CO₃)₂), 5,43 mg/l de yeso (SO₄Ca) y 4,457 mg/l de SiO₂ como cuarzo, que también equivalen a 19,461 mg/l de feldespato sódico (NaAlSi₃O₈). Calcita, dolomita, cuarzo y silicatos variados, incluida mica, aparecen en los cantos del conglomerado. Halita y yeso pueden tener su origen en el polvo atmosférico que precipita la lluvia.

El agua se presenta ligeramente sobresaturada en sílice, e insaturada en calcita, aragonito, dolomita y yeso y saturada en cuarzo mediante la utilización del programa WATEQF del U. S. Geological Survey. El programa compara el cociente de los valores obtenidos analíticamente con los correspondientes al equilibrio en saturación. Valores positivos del logaritmo de este cociente (LOG IAP/KT) indican sobresaturación. Los negativos señalan insaturación y el valor cero corresponde al equilibrio. Para la muestra citada se han obtenido los siguientes valores: yeso, -2,952; aragonito, -3,367; calcita, -0,378; dolomita, -1,955; cuarzo, 0,249.

La insaturación en los dos primeros minerales explica la ausencia de toscas en el inicio del arroyo. Sin embargo, al calentarse a lo largo de este durante el verano, el agua pasa a estar sobresaturada formándose toscas como el tobogán en la entrada de la cueva de Santa Orosia. Este es también el origen del topónimo de la fuente de A Tosquera.

No se ha detectado la presencia de los siguientes iones: carbonato, potasio, litio, fosfatos, amonio, hierro, manganeso, cobre, plomo, zinc, arsénico, mercurio, cromo, cadmio, selenio, aluminio, boro, flúor, sulfuros y cianuro. La ausencia de metales pesados y otros componentes “exóticos”, como flúor y boro, es también coherente con la naturaleza predominantemente caliza del puerto. La presencia de nitritos puede ser achacable a la carga ganadera y lo somero del flujo del agua. Aunque los niveles detectados estaban por debajo de los límites legales, indican una cierta vulnerabilidad del acuífero.

En el agua se determinaron niveles de radioactividad α ($< 0,034$ Becquerelios/litro) y radioactividad β ($0,020 + 0,010$ Bq/l), muy por debajo de los niveles guía admitidos por la legislación vigente y de los valores que se presentan en zonas graníticas cercanas.

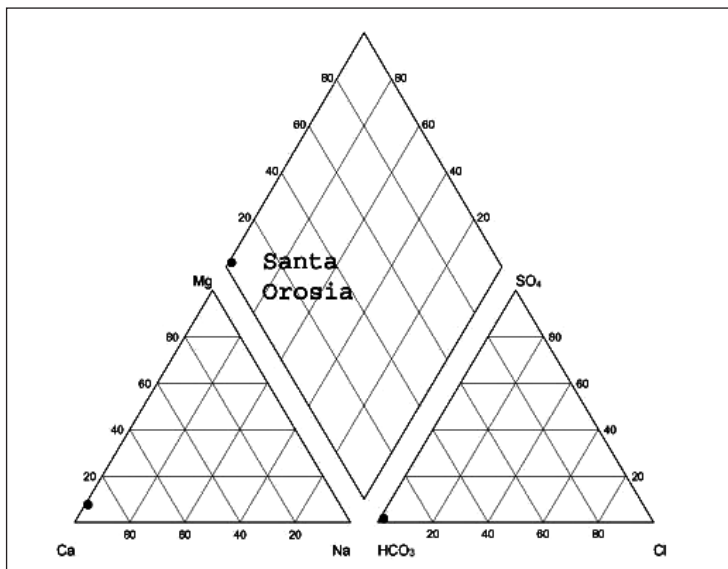


Fig. 4. Diagrama de Piper del agua de la fuente de Santa Orosia.

LA CUEVA DEL PUERTO DE SANTA OROSIA

En la zona final del barranco de Santa Orosia, entre el cruce de la pista y el salto, se encuentra una cavidad conocida de antiguo y relativamente frecuentada, vista la colección de cabos de vela que se hallan en diversos puntos de esta, dado que ha albergado un belén montañero durante varias navidades. En Yebra también se la conoce como cueva O General, nombre de una casa del lugar que quizás tenía propiedades en las cercanías (G. Lacasta, comentario personal).

La boca de la cueva aparece en el mismo barranco, en la zona inferior, entre la pista y la cascada, en las siguientes coordenadas UTM:

Huso 30. X: 724312 Y: 4710263 Z: 1485 m

La cavidad se abre en los conglomerados de Santa Orosia, muy cerca de la transición a las facies de Bailín, en un nivel de material arcilloso de aproximadamente 1,2 metros de potencia. En estiaje, el agua del barranco desciende por un tobogán de toba, aproximadamente por el centro de la boca de la cavidad.

Aunque de modestas dimensiones, la cavidad no carece de algún interés. Por un lado, es una de las pocas cavidades que superan las características de un abrigo, abiertas en los conglomerados del Alto Aragón. Su génesis es singular, caso único conocido en Huesca, dado que se ha formado por vaciado del material fino del estrato arcilloso a partir de flujos de agua por las diaclasas del conglomerado. Esta génesis es diferente de las cavidades de tipo tectónico (Grietas Culivilla, en Riglos; Cendrilla, en Panzano; Cobeta, en San Julián de Banzo), y de tipo kárstico con corriente de agua (Chaves, en Bastarás, y Silencios varios: Bastarás, Santa Cilia, Morrano). Aunque la bóveda de conglomerados es estable, se detecta un incipiente inicio de evolución por caída de bloques, similar a lo que muestran en mayor grado las salas iniciales de Chaves, cueva de los Murciélagos (Vadiello) y La Algrata (Estadilla).

La cavidad, cuya planta se ofrece en la figura 5, presenta una serie de espeleotemas con alguna belleza. Forman varias columnas en la cueva, que siguen alineaciones paralelas a la dirección dominante de la fracturación del conglomerado. Las estalactitas son de cortas dimensiones,

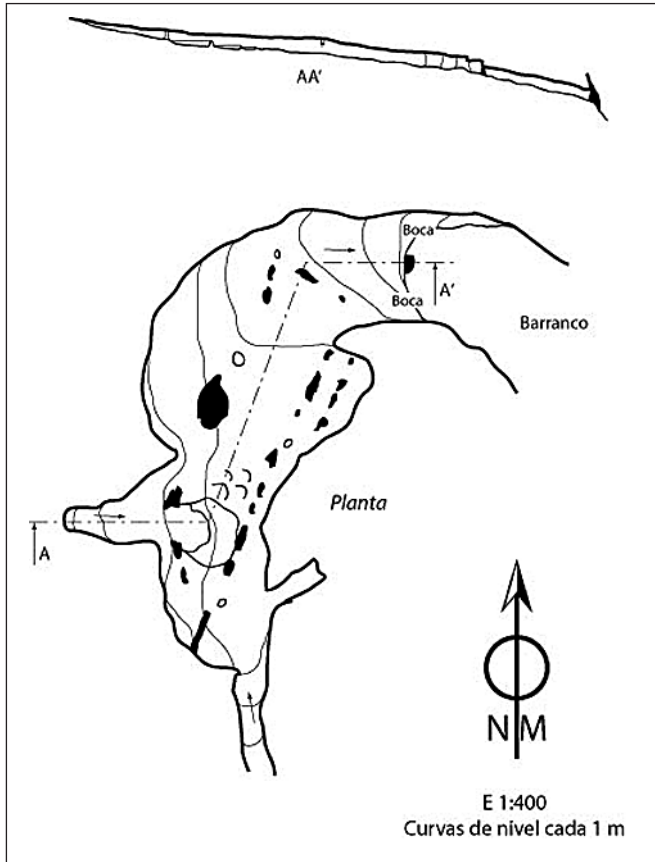


Fig. 5. Plano topográfico de la cueva del puerto de Santa Orosia.

bastantes de tipo macarrón. No se han observado helicititas. En el suelo, en la zona central hay dos grandes *gours*, de gruesas paredes, que llegan a 0,5 m de altura. En descenso, hacia la boca aparecen otros de menor altura, con paredes transversales a las paredes de la cavidad. Parecen inactivos en la actualidad, aunque hay señales de flujo de agua en los sedimentos terrígenos de la sala interior.

Hay varios conos de sedimentos terrígenos en el interior de la cueva. En su fondo, hay dos pequeñas gateras rellenas de material suelto. Parte parece del estrato arcilloso, pero otra parte parece provenir del exterior, por las fracturas del terreno. En uno de ellos aparecen raíces vegetales vivas. Cer-

ca de los grandes *gours* hay otro cono, recubierto de una costra estalagmítica de unos 4 cm de espesor.

El techo del conglomerado parece relativamente estable, aunque cerca de la entrada hay un gran bloque desprendido del techo.

La cueva se encuentra en un estado razonable de conservación, aunque se observan estalagmitas rotas y extraídas, presencia de algo de basura, sobre todo restos de velas así como grafitis, evidentemente en la colada de mayor belleza.

CONCLUSIÓN

El acuífero de Santa Orosia, a pesar de su modestia, tiene unas características mixtas, entre fisurado, kárstico y detrítico, que le confieren una cierta singularidad en las diversas unidades hidrogeológicas del Alto Aragón. Por otro lado, la fuente de Santa Orosia es la de mayor caudal conocido, relacionada con conglomerados, entre las que destacan las del monasterio viejo de San Juan de la Peña y las de las ermitas trogloditas de San Julián de Lierta y San Cosme y San Damián, en Guara.

Las aguas de la fuente presentan una química de tipo bicarbonatado cálcico, insaturadas en calcita y dolomita y solo presentan saturación en sílice. No se han encontrado metales pesados y el nivel de radioactividad es bajo. El acuífero parece bastante sensible a los problemas de contaminación.

La cueva del puerto de Santa Orosia presenta cierto interés y debiera ser protegida de la vandalización incipiente que presenta.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor del trabajo tiene que agradecer profundamente la siempre cordial acogida y compañía de Juan Claver y su familia, especialmente el día de Santa Orosia. Y reconocer también a José Echevarría, de Sabiñánigo, sus conocimientos sobre las fuentes de la zona, y a la Asociación O Zoque, su interés por este tema. Han sido de mucha utilidad las aportaciones de Emilio Gracia, Graciano Lacasta y Enrique Satué.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELMONTE, Á. (1999). *Coronas y zinglos: un viaje a pie por la geología de Serrablo*. Ayuntamiento de Sabiñánigo – IEA. Colección A Lazena de Yaya, 11. 162 pp.
- CUCHÍ, J. A. (1998). Esquema general de las unidades hidrogeológicas en el Alto Aragón. *Lucas Mallada*, 10: 87-105.
- DGA/IGME (1994). *Estudio de aguas minerales y mineromedicinales de Aragón*. Inédito. Varios tomos.
- MONTES, M. (2002). *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca (Sinclino-rio del Guarga)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 365 pp.
- SATUÉ, E. (1988). *Las romerías de Santa Orosia*. Diputación General de Aragón. Estudios y Monografías, 6. 287 pp.