

EL EDIFICIO TOBÁCEO DE ISARRE (SANTOLARIA LA MAYOR, HUESCA)

José Antonio CUCHÍ¹
José Luis VILLARROEL¹
Rafael DOMINGO²
Lourdes MONTES²
Carlota OLIVÁN³

RESUMEN.— Este artículo describe sucintamente algunas características de la toba asociada con la fuente de Isarre, situada en el barranco de Vadiello, pequeño afluente del Guatizalema. La toba corta el curso del barranco de Vadiello y presenta algunos restos arqueológicos englobados en su masa.

ABSTRACT.— The present paper presents briefly some characteristics of the tufa deposits associated to the spring of Isarre, located in the Vadiello Creek, small affluent of Guatizalema River. The tufa deposit cuts off the Vadiello Creek. Some archaeological remains are present inside the tufa body.

KEY WORDS.— Travertine, karst, Isarre, Vadiello, Huesca (Spain).

¹ Grupo de Tecnologías en Entornos Hostiles (GTE). Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Edificio I+D+i. Universidad de Zaragoza. C/ Mariano Esquillor, s/n. E-50018 ZARAGOZA. cuchi@unizar.es, jlvilla@unizar.es

² Área de Prehistoria. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. Universidad de Zaragoza. Pza. de la Constitución, s/n. E-22001 HUESCA. rdomingo@unizar.es, lmontes@unizar.es

³ carlotaoliván@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Un rasgo frecuente en los sistemas kársticos es la formación de depósitos de tobas carbonatadas en las surgencias, consecuencia de la reprecipitación de carbonato cálcico cuando el agua subterránea surge al exterior. Este proceso se asocia habitualmente con el calentamiento del agua y el crecimiento de vegetales, los cuales quedan englobados en la masa, dejando improntas y huecos característicos. Como la tasa de crecimiento de las tobas está asociada con la actividad kárstica, y esta con el clima, con una clara relación directa entre agua, clima y vegetación, el estudio de edificios tobáceos fósiles ha cobrado interés por la información que ofrecen para el análisis de las modificaciones climáticas en el pasado.

Las tobas son frecuentes en el arco calizo mediterráneo, con espectaculares y conocidos ejemplos en el Parque Nacional de Plitvice, en Croacia, y el de Pamukkale, en Turquía. En el Mediterráneo español han sido estudiadas por diversos autores. A modo de ejemplo se pueden citar DURÁN y cols.



Fig. 1. Edificio tobáceo en Santa Elena (Biescas).

(1988) y RODRIGO y SENCIALES (2012), en las sierras de Málaga; ORDÓÑEZ y GARCÍA DEL CURA (1997), en las Lagunas de Ruidera, y GARCÍA DEL CURA y cols. (1997), en Alcaraz. En Aragón la mayor parte de los trabajos corresponden a la Cordillera Ibérica, como por ejemplo SANCHO y cols. (1994, 1997) y RUBIO (2002). En el Alto Aragón hay también bonitos e interesantes ejemplos de edificios tobáceos, como el de Santa Elena de Biescas (fig. 1). Pero no han sido estudiados, salvo el asociado con la fuente del Molar, en Camporrells, por SANCHO (1988).

Las Sierras Exteriores prepirenaicas, básicamente formadas por materiales calizos, presentan edificios tobáceos de interés, como son el de la ermita de la Virgen de los Ríos (Rasal) y los existentes en los cañones de Calcón, Cienfuens, Formiga, Fornocal y Alcanadre. Para contribuir al conocimiento de este tipo de depósitos, el objetivo de este artículo es presentar unos primeros datos sobre el manantial de Isarre y la toba asociada en el valle de Vadiello, término municipal de Loporzano, en el Alto Aragón.

ZONA DE ESTUDIO

El barranco de Vadiello o Isarre es un pequeño valle, de ahí su nombre, por el que circula un modesto afluente que desemboca en el río Guatizalema por la derecha, aguas abajo de la presa de Vadiello (fig. 2). El cauce mayor tiene una longitud de 3360 metros hasta la desembocadura. La superficie total, 6,3 km², está hoy prácticamente cubierta por un pinar, repoblado en la década de 1960. En el pasado el valle albergó la desaparecida población de Isarre. En sus campos, hasta la repoblación forestal, se mantuvieron algunos huertos cultivados por vecinos de Santolaria la Mayor.

Geológicamente, el valle es complejo. La ladera norte del valle y parte de la cabecera están formadas por conglomerados del Oligoceno. En el fondo afloran arcillas y yesos del Triásico superior, mientras que la ladera sur ofrece calcarenitas y calizas del Cretácico superior y del Eoceno. Varios cabalgamientos afectan al Triásico al oeste y por el centro del valle (MILLÁN, 2006; MONTES, 2009). Por ello, el valle presenta una clara disimetría morfológica transversal debido a las diferencias litológicas. Los conglomerados muestran un relieve enérgico, con importantes paredes verticales y típicos mallos, como los Pepes. Por el contrario, las laderas en calizas son mucho más suaves y con abundantes canchales de gelifración.

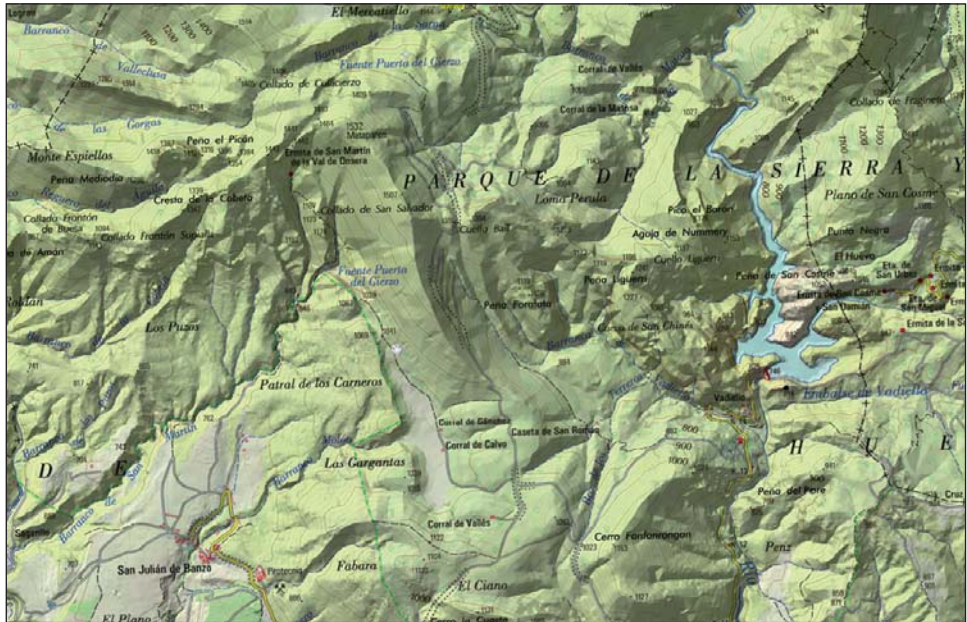


Fig. 2. Marco topográfico del barranco de Vadiello. (IBERPIX. Instituto Geográfico Nacional).

La cabecera está dividida en tres subcuencas paralelas. La septentrional, que nace al pie de los Pepes (cota 1226), está muy encajada y se abre íntegramente en conglomerados. La cabecera intermedia, el barranco de Cueva Foradada, nace en las inmediaciones de Cuello Bail y también se abre en estos materiales. Su tramo inicial está muy poco incidido. Queda colgado y se desploma en una espectacular cascada temporal en las inmediaciones de la ermita de San Chinés. La tercera cabecera, que también nace cerca de Cuello Bail, tiene una sección asimétrica y una trayectoria en arco entre conglomerados y calizas, para unirse a los otros dos barrancos cabeceros cerca de la ya mencionada ermita rupestre.

Desde San Chinés el barranco lleva una clara trayectoria lineal, NW-SE, por el pie de los mallos de Ligüerre hasta su desembocadura. Recibe algunos pequeños barrancos desde la orilla norte, que se despeñan en Lazas y Escomentué (SALAMERO, 2002). Por el sur, desde cerro Fanfarongan, se encuentra el barranco de los Terreros, su afluente más extenso, que llega aguas abajo de San Chinés. En su parte final se halla la toba objeto de este estudio. El barranco principal de Vadiello solo lleva agua en su zona superior

durante el invierno y en épocas de lluvia. Suele estar seco en sus cabeceras en verano. Entonces recoge agua de la fuente de Isarre, de la que se conocen dos aforos: 14,19 litros/segundo (23 de septiembre de 2011) y 14,06 litros/segundo (13 de octubre de 2011), realizados mediante el método de dilución por Antonio Azcón y Carlota Oliván.

EL MANANTIAL DE ISARRE

El manantial de Isarre, también conocido como de *Ligüerri* o *Ligüerre*, y es posible que en algún estudio se le llame *Escomentué*, es el punto de agua más importante del valle de Vadiello, al que se accede por una pista forestal desde las cercanías del embalse del mismo nombre y por el denominado *Camino Natural*. Es un humedal cubierto de carrizos donde se han realizado varias obras de captación. Entre ellas está la actual toma de agua, provista de un pequeño cercado, para uso de la casa de administración del embalse de Vadiello, de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) (fig. 3). Hay también una balsa de extinción de incendios y una antigua toma de agua, hoy en desuso (fig. 4a).



Fig. 3. Manantial de captación para la casa de administración de la Confederación Hidrográfica del Ebro.



Fig. 4a. Vertedero en el arroyo de Isarre.



Fig. 4b. Confluencia con el barranco de Vadiello.

El agua aflora en la zona de carrizos formando un pequeño arroyo que se encaja en su tramo final a partir de la antigua toma. Muy cubierta la parte final por abundante vegetación, el agua cae al barranco de Vadiello de forma difusa a través de una zona de crecimiento activo de toba (fig. 4b).

Las aguas del manantial fueron muestreadas con motivo de la tesis doctoral de Carlota Oliván, entre 2009 y 2011. Conductividad eléctrica (CE), temperatura (t), pH y alcalinidad se determinaron en campo. Las muestras se analizaron en el laboratorio del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Los resultados se presentan en la tabla I. Los datos muestran un agua de tipo bicarbonatado cálcico magnésica. Se ha aplicado el programa WATEQF del U. S. Geological Survey a los parámetros de la tabla I, junto con los datos de temperatura y pH de campo. Los resultados, que se presentan en la tabla II, indican una insaturación general de las aguas en diferentes minerales con índices de saturación (SI) inferiores a la unidad. La excepción son el aragonito, la calcita, la dolomita y la magnesita, cuya sobresaturación, $SI > 0$, es coherente con la presencia de la toba que se describe sucintamente en el siguiente apartado.

Tabla I. Datos de calidad química de la fuente de Isarre (OLIVÁN, 2013).

<i>Fecha de muestreo</i>	<i>23/8/2011</i>	<i>26/8/2010</i>	<i>31/8/2009</i>
DQO mg/l	0,70	0,5	0,5
Alcalinidad mg/l	222,0	244,0	329,4
SO ₄ ²⁺ mg/l	114,20	37,85	38,44
Cl ⁻ mg/l	47,87	4,36	4,55
NO ₃ ⁻ mg/l	1,58	1,54	1,23
Na ⁺ mg/l	35,34	3,95	4,29
K ⁺ mg/l	2,16	0,60	0,68
Ca ²⁺ mg/l	82,00	56,00	48,11
Mg ²⁺ mg/l	25,00	27,00	25,00
SiO ₂ mg/l	5,90	5,70	8,20
CO ₂ mg/l	1,10	9,90	9,90
TOC mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5
RS 180° mg/l	445,2	335,0	261,8
CE laboratorio μS/cm 25 °C	647	464	375
CE campo μS/cm 25 °C	657	503	728
pH laboratorio	7,91	7,66	7,67
pH campo	8,09	7,31	7,41
Temperatura campo	16,8	16,0	15,8

Tabla II. Resultados de la aplicación del programa WATEQF a aguas del manantial de Isarre.

<i>Fecha de muestreo</i>	<i>23/8/2011</i>	<i>26/8/2010</i>	<i>31/8/2009</i>
SI del aragonito	0,548	-0,302	-0,147
SI de la calcita	0,698	-0,152	0,003
SI de la dolomita	1,128	-0,392	-0,052
SI de la magnesita	0,086	-0,581	-0,395

Sorprenden un poco los datos y la variación de conductividad eléctrica de Isarre, superiores a los del cercano manantial de Fuenmayor. La temperatura es también más alta, dado que Fuenmayor presenta una temperatura media próxima a los 12 °C (CUCHÍ y cols., 2002; VILLARROEL y CUCHÍ, 2004). Por ese motivo, el 16 de octubre de 2013 se realizó un estudio de campo que ha mostrado una cierta complejidad en los tipos de agua. La

fuelle de la casa de la CHE (fig. 3) presenta una CE de 542 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C y una temperatura de 14 °C. El agua en el vertedero de la figura 4a daba una CE de 783 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C y una temperatura de 14,3 °C. Para el agua en la balsa de incendios, CE = 387 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C y $t = 15,3$ °C. Dos regueros de agua en el carrizal presentaron respectivamente 392 y 545 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C y 13,5 y 13,9 °C.

Estos datos sugieren el afloramiento de varios tipos de agua, relacionados seguramente con la complejidad geológica y estructural del lugar que ha puesto en contacto, de forma alternativa, los materiales permeables de las calizas y dolomías de la formación Pont de Suert (facies *Muschelkalk* – Triásico) con las arcillas y yesos de la facies *Keuper* (Triásico). Por este motivo, y con los conocimientos actuales, es difícil por ahora asignar área o áreas de captación al acuífero o acuíferos que afloran en Isarre. Sería razonable realizar un estudio más detallado.

LA TOBA DE ISARRE

Como se muestra en la figura 4b, el manantial está asociado con un edificio tobáceo de gran tamaño que no es fácil dimensionar por la espesa vegetación y las dificultades de acceso. Por fotografía aérea se puede estimar una superficie cercana a las 3,5 hectáreas. El espesor máximo, en observación del flanco este desde el Camino Natural, es del orden de 50 metros (fig. 5). La toba corta transversalmente el barranco de Vadiello, represándolo. Al finalizar la toba, aparece un escalón característico en el cauce.

La toba presenta diversas facies. Es inobservable en la zona de repoblación y en los antiguos campos. Es una toba activa en facies de musgos en la llegada difusa de aguas de la fuente al barranco (fig. 4b). Sin embargo, en general, parece que la toba es fósil, pero sus frentes son de difícil acceso y están recubiertos también de vegetación espinosa y hiedras. El único punto accesible encontrado, con uso de cuerdas en la zona inferior, se halla en el vértice noreste, sobre el cauce actual y por la derecha del segmento rojo de la figura 5. En la zona alta la toba muestra grandes oquedades, tipo tallos gruesos (fig. 6). A unos 16 metros bajo la superficie superior aparece un nivel terrígeno de 1 metro de potencia (fig. 7). Presenta pequeños cantos de toba, caracoles e incluso un nivel ceniciento, de unos 10 centímetros, con carbones y cerámica. Esta tiene aspecto de la propia de la Edad del



Fig. 5. Toba fósil desde el Camino Natural de Vadiello hacia el oeste.
El segmento rojo marca un espesor próximo a los 50 metros.



Fig. 6. Toba fósil de tallos gruesos, en la zona alta de la parte final este.



Fig. 7. Nivel terrígeno, con ceniza y restos cerámicos, en la zona alta de la parte final este.

Bronce. Su presencia dataría esta parte del depósito en una antigüedad máxima de 4000 años. Suponiendo un proceso homogéneo, esto corresponde a una formación de toba de 0,4 metros por siglo.

En el entorno más inmediato se conocen restos de esta época en la vecina cueva de los Murciélagos, donde la datación de un húmero humano en 3210 ± 30 BP confirmó anteriores citas que atribuían a la Edad del Bronce algunos restos cerámicos quizás procedentes de su desmantelado depósito funerario (MONTES y cols., 2004). Hasta ahora, es el único yacimiento de la Edad del Bronce confirmado en la zona, al margen de las cerámicas recuperadas hace años en las cuevas de la Reina, hoy sumergidas bajo el embalse de Vadiello. Sondeos realizados en el gran abrigo que acoge la mencionada ermita de San Chinés y en el llamado *abrigo de la Toma del Agua*, a orillas del Guatizalema, han resultado infructuosos (MONTES y cols., 2003 y 2004).

Como ya se ha señalado, la toba ha cortado y represado parcialmente el barranco de Vadiello, produciendo el salto final. Aparentemente existe algún tipo de equilibrio entre su crecimiento y el efecto erosivo de las avenidas del barranco principal, reforzado por el acarreo de cantos rodados procedentes de la erosión del conglomerado en las cabeceras. En la actualidad hay una morfología de cauce tipo pasillo entre toba y conglomerado que se observa parcialmente en las figuras 4*b* y 5. También, justo aguas arriba del salto, se observa un proceso de encajamiento en retroceso, incluida una pequeña sima.

El salto permite apreciar parcialmente la base de la toba, afectada por una fuerte karstificación con formación de estalagmitas y por brechificación (fig. 8*a*). Esta última parece estar relacionada con los indicios de un retroceso y desmantelamiento del edificio tobáceo que pueden observarse en las figuras 8*a* y 8*b*. Esto sugiere que una parte importante de este edificio se pudo generar en un periodo pasado, por ahora indefinido, con mayor aporte de agua y formación de toba por parte del manantial.



Fig. 8a. Base de la toba, karstificada y brechificada.



Fig. 8b. Restos de toba al pie del salto.

CONCLUSIONES

En este artículo se ofrece un primer estudio sobre la toba de Isarre. Está asociada a una serie de manantiales, poco estudiados, que afloran en un humedal. La toba, de grandes dimensiones, ha cortado parcialmente el barranco temporal de Vadiello, cuya cabecera está formada básicamente por conglomerados. Existe cierto equilibrio entre la tendencia de la toba a cerrar más el cauce y la erosión lineal por avenidas, probablemente acrecentado por el acarreo de cantos rodados reciclados de la meteorización de los conglomerados.

En la parte final del edificio tobáceo la erosión deja al descubierto un cortado de unos 50 metros de altura. En la zona superior, además de facies de tallos gruesos, se encuentra un nivel terrígeno con restos arqueológicos. Estos permiten una datación aproximada y una estimación del crecimiento del orden de 0,4 metros por siglo. La base de la toba está muy karstificada y afectada por brechificación, en un proceso de desmantelamiento. Sería interesante realizar un estudio más detallado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la dirección de Antonio Azcón, hidrogeólogo del Instituto Geológico y Minero de España, durante los aforos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUCHÍ, J. A., J. L. VILLARROEL y J. A. MANSO (2002). Características del manantial de Fuenmayor (San Julián de Banzo, Huesca). *Geogaceta*, 31: 75-78.
- DURÁN, J. J., R. GRÜN y J. M. SORIA (1988). Edad de las formaciones travertínicas del flanco meridional de la sierra de Mijas (provincia de Málaga, Cordilleras Béticas). *Geogaceta*, 5: 61-63.
- GARCÍA DEL CURA, M.^a Á., J. A. GONZÁLEZ-MARTÍN y S. ORDÓÑEZ (1997). El sistema de represas tobáceas poco evolucionadas del río Arquillo (Alcazar-Albacete). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 22: 321-332.
- MILLÁN, H. (2006). *Estructura cinemática del frente de cabalgamiento surpirenaico en las Sierras Exteriores aragonesas*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 53). Huesca. 398 pp., 5 mapas.
- MONTES, L., J. A. CUCHÍ y R. DOMINGO (2003). Prospecciones y sondeos en las Sierras Exteriores de Aragón. V campaña, 2002. *Saldvie*, 3: 313-329.

- MONTES, L., J. A. CUCHÍ, R. DOMINGO y M. MARTÍNEZ BEA (2004). Prospecciones y sondeos en las Sierras Exteriores de Aragón. VI campaña, 2003. *Saldvie*, 4: 383-394.
- MONTES, M. J. (2009). *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca (sinclinatorio del Guarga)*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 59). Huesca. 355 pp., 1 mapa.
- OLIVÁN, C. (2013). Delimitación, evaluación de la recarga y funcionamiento hidrodinámico del acuífero drenado por el manantial kárstico de Fuenmayor (Prepirineo aragonés). Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 196 pp.
- ORDÓÑEZ, S., y M.^a Á. GARCÍA DEL CURA (1997). Tipología y génesis de depósitos tobáceos fluviolacustres: el sistema tobáceo de las Lagunas de Ruidera (Ciudad Real-Albacete). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 22: 333-348.
- RODRIGO, J., y J. M.^a SENCIALES (2012). Las plataformas travertínicas y tobáceas de la provincia de Málaga (España). *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 34: 83-102.
- RUBIO, C. (2002). Estudio paleobotánico en tobas carbonatadas del Cuaternario de la localidad de Cañizar del Olivar (Teruel). *Teruel*, 88-89: 155-177.
- SALAMERO, E. (2002). *Sierras de piedra y agua*. Camping Mascún. Huesca. 331 pp.
- SANCHO, C. (1988). El polje de Saganta (Sierras Exteriores pirenaicas, provincia de Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, 2 (1-4): 107-113.
- SANCHO, C., A. JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, A. MELÉNDEZ-HEVIA y J. L. PEÑA (1994). Las formaciones travertínicas holocenas de la cuenca del río Guadalaviar (sierra de Albarracín, provincia de Teruel). Aspectos geomorfológicos y paleoclimáticos. *Reunión Nacional de Geomorfología*, 1: 159-174.
- SANCHO, C., J. L. PEÑA y A. MELÉNDEZ (1997). Controls on Holocene and present-day travertine formation in the Guadalaviar River (Iberian Chain, NE Spain). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 41: 289-307.
- VILLARROEL, J. L., y J. A. CUCHÍ (2004). Estudio cualitativo de la respuesta, de mayo de 2002 a abril de 2003, del manantial kárstico de Fuenmayor (San Julián de Banzo, Huesca) a la lluvia y la temperatura atmosférica. *Boletín Geológico y Minero*, 115 (2): 237-246.