

Lucas Mallada, **19**: 165 a 184
ISSN: 0214-8315, e-ISSN: 2445-060X
<http://revistas.iea.es/index.php/LUMALL>
Huesca, 2017

LA MADRE DE CASTEJÓN DE MONEGROS

Mario GISBERT¹
Marcos PASTOR¹
José Luis VILLARROEL²
José Antonio RAUSA²
José Antonio CUCHÍ²

RESUMEN.— Este artículo se centra en la descripción del sistema de La Madre de Castejón de Monegros, formado por una fuente artificial que capta el agua subterránea de una amplia val y la conduce a la localidad a través de un acueducto subterráneo de 1700 metros.

ABSTRACT.— The present work focuses on the description of La Madre de Castejón de Monegros system, formed by an artificial spring that captures the groundwater of a wide flat top valley and leads it to the town by means of a 1700 meters underground aqueduct.

KEY WORDS.— La Madre spring, underground aqueduct, Castejón de Monegros, Huesca (Spain).

Recepción del original: 26-12-2017

¹ Centro de Espeleología de Aragón (CEA). asismario@hotmail.com, mcos2012@yahoo.es

² 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. jlvilla@unizar.es, jarausa@ono.com, cuchi@unizar.es

INTRODUCCIÓN

El estudio de los sistemas tradicionales de captación de agua en zonas semiáridas monegrinas tiene un claro interés dado que, en general, están abandonados y en una rápida fase de desaparición. Por ello, en los últimos tiempos se ha dedicado algún trabajo a estas tecnologías de gestión de agua. Tras un primer trabajo de la fuente del Milagro de la cartuja de Monegros (RAUSA y cols., 2016), y un segundo estudio del sistema de aguas superficiales de Valdezaragoza-partidor de las Bastaresas en Lanaja (CUCHÍ y cols., 2018), parecía lógico estudiar la captación de La Madre de Castejón de Monegros y su conducción subterránea.

MARCO GEOGRÁFICO

Castejón de Monegros es una interesante villa monegrina que domina una gran vaguada, val de Zapata, entre las estribaciones centromonegrinas de las sierras de Pallaruelo, al norte, y la alineación de Santa Quiteria, al sur. Su término municipal se divide entre una zona occidental de relieve accidentado y surcada por vales; el noreste, en el entorno de Jubierre, es también agreste con un paisaje erosivo espectacular; y por el sureste, por el contrario, el término se abre a la llanura meridional monegrina.

La vegetación es de tipo semiárido. Las vales soportan una agricultura de cereal de invierno. Romero, tomillo, ontina, albardín y otras matas colonizan las planas de calizas y las laderas de yeso. Las rodantes capitanas son parte del paisaje otoñal. También se encuentran plantas halofíticas en lugares deprimidos. En altura aparecen algunos pies de pino carrasco, sabina albar, sabinas y coscojas. En el pasado se explotó madera y carbón vegetal pero en la actualidad, desde hace unos cincuenta años, hay cierta recuperación forestal. Históricamente, el territorio ha sido zona de pastoreo del ovino trashumante durante el invierno, en la actualidad prácticamente desaparecido y sustituido por granjas de porcino intensivo.

La temperatura media anual es de unos 13 °C. La precipitación es reducida, con valores medios ligeramente superiores a los 400 milímetros con fuertes oscilaciones interanuales y sequías duras y largas. Primavera y otoño son las estaciones más lluviosas. Además, alguna intensa precipitación convectiva veraniega puede originar en las vales avenidas de corta duración. No hay corrientes permanentes de agua, salvo el Alcanadre, alejado de la villa y su entorno.

Geológicamente, el término está dominado por materiales del Mioceno continental del valle del Ebro, formado por materiales lacustres muy erosionables: calizas blancas, yesos y limos (IGME, 1998; SANCHO, 2005). Están surcados por las vales, barrancos en uve hoy parcialmente rellenos por sedimentos locales, con una superficie plana que ha sido abancalada por la acción humana para controlar las escorrentías. En la base del relleno de las vales más importantes fluyen modestos acuíferos, especialmente hacia la Valcuerna. Se recargan por la lluvia directa sobre las vales más las escorrentías de las laderas que las enmarcan. Los balances de agua ofrecen valores de unas pocas decenas de milímetros de relleno al año. Los espesores saturados son modestos y pueden oscilar fuertemente en función de las variaciones interanuales de recarga. CUCHÍ (1989: 81-85) muestra que una disminución de 300 milímetros en la precipitación anual, entre 1977 y 1979, supuso un descenso medio de unos 50 centímetros en la zona saturada de los acuíferos superficiales de la vecina zona de Bujaraloz.

El flujo de agua subterránea sigue lógicamente el curso del barranco original. Variaciones en la pendiente longitudinal o en el espesor del relleno modifican la profundidad del freático que incluso puede llegar a aflorar puntualmente si la val se estrecha. En muchos casos, la disminución en la profundidad del agua con respecto a la superficie se refleja en la presencia de algunas freatofitas (tamarices, cañas o carrizos). Estos criterios han sido utilizados históricamente para la excavación empírica de pozos en la zona monegrina. En Castejón de Monegros destacan la captación y el acueducto conocidos como *La Madre* para el abastecimiento de la población, así como el pozo de Ganaderos para los rebaños trashumantes. La calidad del agua subterránea refleja la naturaleza calcárea de la zona y la presencia de yeso y otras evaporitas. Así es dura y ligeramente salada.

En La Madre, el 10 de noviembre de 2017, la temperatura del agua era de 15,6 °C y la conductividad eléctrica de 1742 microSiemens/cm a 25°.

LA MADRE DE CASTEJÓN: DESCRIPCIÓN

El abastecimiento de agua de boca para la villa, desde tiempo inmemorial y hasta la llegada de agua desde el canal de Monegros, ha sido el manantial de La Madre de Castejón, asociada al caño subterráneo que transportaba el

agua hasta las fuentes públicas de la villa. La Madre, situada en Valdelafuente, ha atraído la atención de numerosos estudiosos. MADOZ (1845-1850: 141) la cita como “fuente bastante abundante y única, puede decirse... en los nueve pueblos de los Monegros, a media legua de la villa, y se conducen sus aguas que son un tanto purgantes hasta que te acostumbras a ellas, por un caño de regular construcción”; EREZA y cols. (1998: 226) la incluyen entre las obras hidráulicas de interés de Aragón; BENITO (2004a y b) presenta interesantes detalles sobre su construcción y gestión, y reclama su puesta en valor. Fue declarada Bien de Interés Cultural (BIC), en categoría de monumento, por Decreto 72/2006, de 7 de marzo, del Gobierno de Aragón. La obra es tema obligado en las páginas web sobre Castejón de Monegros.

Este sistema hidráulico se divide en fuente – zona de captación y caño – conducción, que fueron cartografiados con detalle en 2004 por los dos primeros autores de este artículo, miembros del CEA, para la Federación Aragonesa de Espeleología (figs. 1a y b y 2).

Un detalle de la zona de captación se muestra en la figura 3. La fuente puede considerarse como un conjunto de edificaciones. Por un lado, está el edificio exterior (H30. X: 728350; Y: 4611920. ETRS 89), que ha sido remodelado en diversas ocasiones. Su función es proteger al manantial subyacente tanto de las avenidas de agua por la val como de la entrada de animales y personas no autorizadas, mediante una berma de casi medio metro sobre la superficie exterior.

El alzado y la planta de la zona de captación se muestran en las figuras 4 y 5, croquis de ALEGRE (2001). Una imagen de la caseta protectora en 2004 se puede ver en la figura 6. Desde la puerta comienzan las escaleras en obra hacia el nivel freático, descendiendo hasta conectar con una poza de decantación y el comienzo del caño hacia Castejón (figs. 7, 8 y 9). El nivel más bajo, la base de la balsa de decantación en el croquis está a –6,79 metros. Por el fondo de esta se accede a una bifurcación. A la izquierda comienza una galería de captación de techo plano con más de 60 metros, en la que se observan dos fases de construcción (fig. 10). Por la derecha, hacia el norte, se llega a una canalización lateral (fig. 11), adosada a un edificio en bóveda que destaca por la tosquedad de sus sillares y pobre cantidad de mortero (fig. 12), aspecto ya observado por LABARA (2003), y que contrasta con la mejor calidad del resto de la obra.

En el edificio y en las galerías, la entrada de agua se realiza a través de una serie de mechinales de drenaje, de dimensiones relativamente importantes situados discrecionalmente en la base (fig. 1*b*). Una imagen ejemplo se presenta en la figura 13. En general, parece un contacto directo con el relleno geológico exterior, sin ningún tipo de filtro tipo grava / arena, por lo que junto al agua también entra una importante cantidad de limo. Esto obligó a la construcción de decantadores y a un importante mantenimiento para eliminar los sedimentos en la captación y en el caño. El mantenimiento, trabajo incómodo, era costoso en tiempo y dinero. Así, la última limpieza, hacia el año 2000, empleó seis hombres durante tres meses.

La construcción del caño hasta las cercanías del pueblo exigió una nivelación muy cuidadosa. A partir de los datos de ALEGRE (2001) y la topografía de la Federación Aragonesa de Espeleología se obtiene una pendiente media del 0,257%, descendiendo 4,45 metros en 1730 metros. El caño presenta detalles interesantes. La galería es muy regular en dimensiones. En el inicio tiene 1,7 metros de altura por 0,8 metros de anchura. Paredes y techo están realizados en piedra labrada, salvo en las cercanías de la fuente del pueblo donde hay un lateral de hormigón. El techo está formado por losas planas que, en algunos tramos del inicio, reposan sobre ménsulas (figs. 14 y 15). La galería tiene una forma bastante constante en ambas dimensiones, pero puntualmente aparecen rebajes del techo. Podrían ser reparaciones poco cuidadosas pero también podrían ser pontarrones, puentes para el paso de caminos, que sugieren que el cubrimiento se realizó tras un tiempo de canalización a cielo abierto. Alguno asemeja un paso canalizado de agua (fig. 16).

A lo largo de la base del caño, por la zona central hay un canal rectangular de 0,3 metros de anchura. Es difícil medir su profundidad por la carga de sedimentos. Se estima en otros 0,3 metros. Localmente aparece parcialmente ensanchado de forma tosca (fig. 17). Además, hay dos tajaderas. Por ejemplo, en la sección K-K' de la figura 1*b*. Pueden servir para facilitar las labores de limpieza, pero también pudieron servir para riego. Además, existen algunas arquetas en la canaleta. Unas, en la vertical de pozos que probablemente actuaron como decantadores, facilitan las labores de limpieza. Otras, quizás correspondieran con pozos hoy desaparecidos o fueran anteriores al cubrimiento del caño.

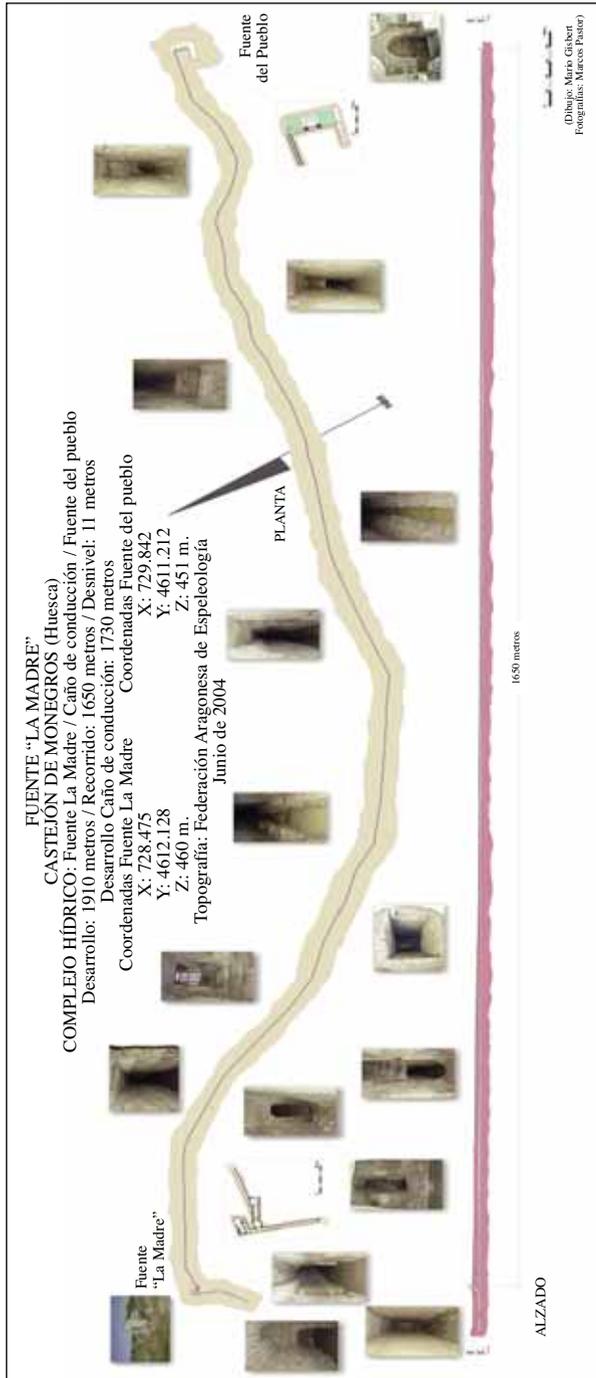


Fig. 1a. Planta de La Madre y caño de Castejón de Monegros.
(Topografía: Federación Aragonesa de Espeleología. Dibujo: Mario Gisbert. Fotografías: Marcos Pastor)

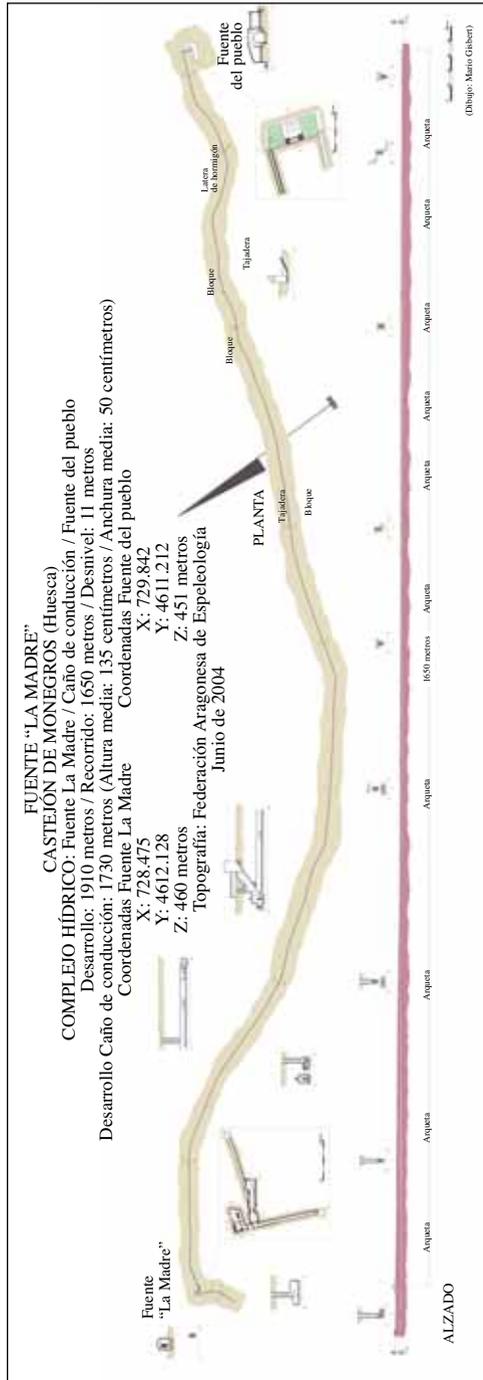


Fig. 1b. Planta de La Madre y caño de Castejón de Monegros con secciones.
 (Topografía: Federación Aragonesa de Espeleología. Dibujo: Mario Gisbert y Marcos Pastor)



Fig. 2. Vista aérea de la captación y la galería de La Madre de Castejón de Monegros.

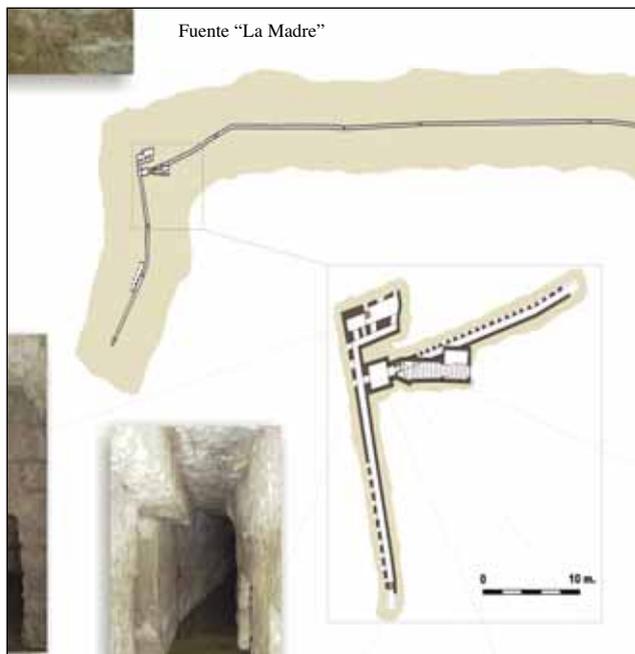


Fig. 3. Detalle de la cartografía en planta de La Madre. (Topografía: Federación Aragonesa de Espeleología. Dibujo: Mario Gisbert. Fotografía: Marcos Pastor)

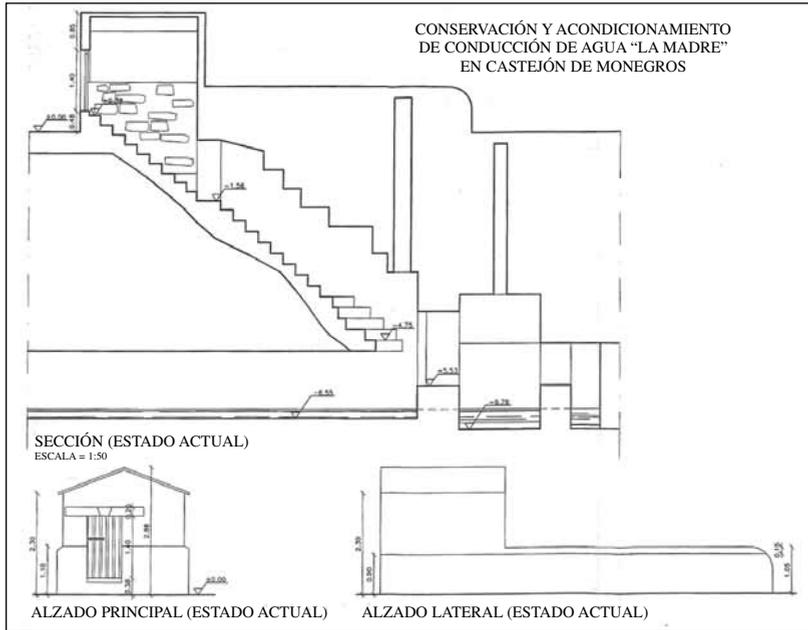


Fig. 4. Sección del edificio exterior de La Madre antes de la remodelación (ALEGRE, 2001).

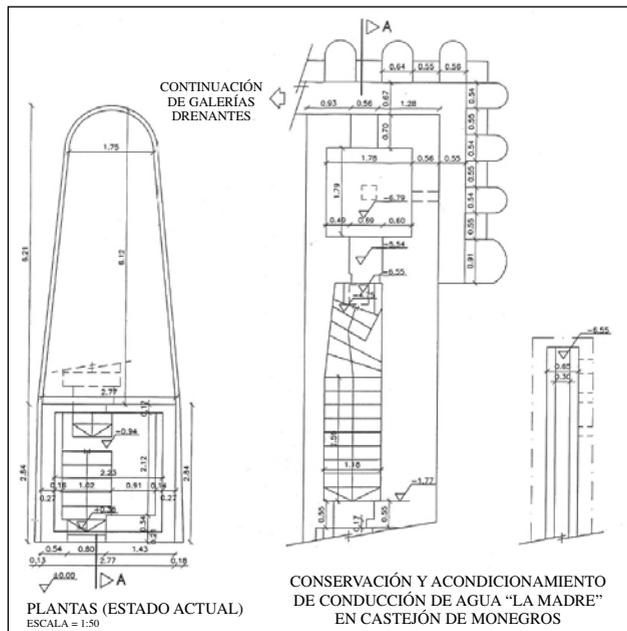


Fig. 5. Croquis parcial de la planta de La Madre de Castejón de Monegros (ALEGRE, 2001).



Fig. 6. Caseta exterior (2004).



Fig. 7. Inicio de la escalera (2004).



Fig. 8. Arranque del caño (2004).



Fig. 9. Escaleras y arranque del caño desde el decantador (2004).

Para servicio del conjunto, hay un conjunto de pozos de ventilación. En el dren lateral hay tres, uno en el mismo edificio y otros cuarenta y nueve en el caño (figs. 18 y 19). En general, son prismáticos y su calidad de obra no es homogénea. Aunque estrechos, permiten el paso de una persona y en

algunos se observan entalles para colocar trancas. También servían para elevar una caldereta manualmente en los procesos de limpieza. Sobresalían sobre el terreno y su conservación era una prioridad como refleja el texto del *Estatuto de La Madre* de 1556, transcrito por BUIL y cols. (2011: 118-120). Estas obras suponían una discontinuidad en el relleno, y por el exterior de



Fig. 10. Detalle del dren lateral (2004).



Fig. 11. Posible abrevadero o decantador (2004).



Fig. 12. Bóveda del edificio interior (2004).



Fig. 13. Detalle constructivo del edificio (2017).

los pozos podía entrar agua arrastrando tierra hacia el caño. Hoy la parte de los pozos que sobresalía del terreno está encerrada en cilindros de hormigón sellados con tapas del mismo material, lo que dificulta la ventilación y, por tanto, la visita de la galería. La figura 6 muestra dos ejemplos junto a la caseta.



Fig. 14. Detalle del techo del caño (2004).



Fig. 15. Detalle del techo del caño (2004).



Fig. 16. Estrangulamiento del caño (2004).



Fig. 17. Canaleta central en funcionamiento (2004).



Fig. 18. Pozo de ventilación desde el caño (2004).



Fig. 19. Pozo desde el exterior (2004).



Fig. 20. Fuente Alta. (Fotografía realizada en 2017)

La fuente Alta (fig. 20), además de permitir el llenado de cántaros y botijos, daba paso a una segunda conducción hacia la fuente baja y el lavadero, situados junto a las actuales escuelas. Hoy esta parte está muy modificado. Cerca estaban los huertos.

HISTORIA CONSTRUCTIVA

A la vista de los detalles constructivos, todo indica que edificio y caño se construyeron a cielo abierto y luego fueron cubiertos posiblemente en varias fases.

La primera fase de la captación fue la realización de una excavación en el relleno de la val hasta alcanzar el nivel freático; básicamente, un pozo, puesto que alumbrada el agua subterránea había que protegerla. Es posible que se construyera el primer edificio sencillo, en bóveda, que hiciera de depósito y evitara el acceso de animales salvajes o domésticos y la acumulación de capitanas rodantes. Este edificio tenía una serie de piletas en el exterior, quizás para tomar agua o servir para abrevar animales. Hay ejemplos similares en localidades del Somontano y de las sierras altoaragonesas.

Al ser la captación una excavación artificial en el terreno y, por tanto, carente de desagüe natural, esta sería muy sensible a inundaciones, tanto por ascenso del freático como por avenidas de val. Una solución elemental para evacuar estas aguas molestas sería excavar una zanja hasta un punto donde hubiera desagüe natural por gravedad. Planteada esa posibilidad, es mucho más práctico hacer una zanja acercando el agua al casco urbano para liberar a su población, especialmente mujeres y niños, del acarreo de agua mediante un largo desplazamiento. Hay que señalar que conducciones de longitud similar las hubo, por ejemplo, en Riglos desde la fuente de los Clérigos, en Bolea para alimentar la fuente Vieja o en Almudévar por Valdelasfuentes desde su fuente madre. De probable conducción inicial a cielo abierto, todas fueron transformadas en su momento a conducciones cerradas por razones evidentes de mantenimiento y salubridad. En Castejón de Monegros, a la longitud se unía la importante profundidad de la zanja, nada fácil de mantener. Esto obligó a una costosa obra, realizando el cubrimiento del caño en losa plana, asociado en cabecera a una galería auxiliar de drenaje para aumentar la eficacia de la captación. Y, si se entierra la captación, se evita el problema de avenidas que afecten a esta.

Hay diversidad de opiniones sobre la edad del sistema. LABARA (2003) afirma que es romano. EREZA y cols. (1998) lo catalogan como “*qanāt* de La Madre, de probable origen islámico y aún en perfecto estado de uso”. Aparece también como musulmán en ÁLVARO e IBÁÑEZ (2008). Señalemos

de paso que el debate sobre si la técnica de los *qanāts* se introdujo en España en época romana, o si es una aportación musulmana, ha sido un agudo debate académico que desborda este artículo. A BENITO (2004a) le parece realizada entre los siglos XVI y XVII. La declaración de BIC en 2006 habla de acueducto subterráneo de época de construcción desconocida. BUIL y cols. (2011: 90-91) tampoco se pronuncian sobre la época, aunque sugieren que puede ser medieval. Una observación de las imágenes del caño indica que una parte parece proceder del reciclado de una gran construcción anterior, posiblemente del castillo. En este caso habría que fechar la construcción del caño a partir de la desaparición de la funcionalidad del castillo, del que no se sabe demasiado sobre su autoría. GUITART (1979: 153) fecha esta edificación en la primera mitad del siglo XIII. CASTÁN (2004: 171-172) se inclina por fecharlo en el siglo XIV, descartando el aprovechamiento de materiales de obra más antigua. Hay suficientes evidencias de que sillares del castillo han sido reciclados en edificaciones más recientes de la localidad, como la base de la Cruz, etcétera. Pero tampoco es descartable que hubiera un recinto pétreo en la primitiva captación.

¿Se puede denominar *qanāt* al sistema fuente más acueducto? Un *qanāt* es una captación de agua subterránea, en zonas semiáridas, mediante una galería en descenso hacia la zona de uso del agua. Muchos de ellos se construyeron en abanicos aluviales en las cercanías de macizos montañosos, pero también los hay que captan en los freáticos de los *wadis* (canales aluviales efímeros) que tienen muchas similitudes con las vales monegrinas.

La literatura hidráulica abunda en descripciones sobre numerosos sistemas de *qanāts* antiguos, desde Irán hasta Marruecos, con posteriores expansiones por España y su imperio colonial americano. Un clásico ejemplo en España es el Viaje del Agua de Ocaña (LÓPEZ-CAMACHO y cols., 2005). Sistemas similares presentan BARCELÓ (1983) en Crevillente y Cañete la Real, así como GUERRA (2006) con los Viajes de Madrid. En Aragón se señala el *qanāt* de Albarquete en la cuenca del Huecha (GERRARD, 2011; BAILIFF y cols., 2015). En el Alto Aragón, la base de datos del Sistema de Información del Patrimonio Cultural Aragonés (SIPCA) señala dos *qanāts* en Tamarite de Litera, uno de ellos conocido como *mina de la Torre de Lasierra*, excavada

por Javier Rey. También se ha denominado así a la fuente de Laluenga, aunque carece de pozos de ventilación. ANTEQUERA y cols. (2015), en una reciente clasificación tipológica de galerías drenantes en España, califica como cimbra-zanja a La Madre de Castejón.

En principio, lo más característico de un *qanāt* es el modo constructivo. En general, se señala que se construyeron en galería ligeramente ascendente desde la zona de llegada, abriendo pozos verticales, para ventilación y extracción del material, hasta llegar al nivel freático. Alcanzado el freático, se finaliza la excavación y el agua desciende hacia la salida. Si el material geológico tiene consistencia no se realizan obras de consolidación, que pueden ser necesarias para los pozos y algunos tramos de galería como, por ejemplo, en los Viajes de Madrid (GUERRA, 2006) que cortan arenas. Subyace la pregunta sobre cuáles pueden ser los criterios para emprender una obra que podía ser de muchos kilómetros hasta alcanzar una incierta pero muy deseada agua. STIROS (2006), desde el punto de vista de un ingeniero, señala que el primer paso era “identify a *mother or master or head well*”. En resumen, que sin un pozo madre cabecero, la excavación de un túnel se transformaba en una arriesgada aventura a ciegas. Con una cabecera y decidido el punto teórico de uso, evidentemente a menor cota que el primero, el siguiente paso era calcular la pendiente de la galería necesaria mediante diversas técnicas de nivelación que se presentan en GUERRA (2006) y STIROS (2006). Ante la imposibilidad de empezar pendiente abajo desde el pozo madre por el riesgo seguro de ahogamiento, se arrancaba desde el final.

Es posible que inicialmente algún tramo del caño de Castejón de Monegros se realizara en túnel. La estabilidad del terreno, un relleno limoso, es baja, especialmente en condiciones de elevada humedad edafológica. Además, los pozos de ventilación constituían una zona singular de debilidad de la bóveda y entrada de agua y limo por sofusión (*piping*). Todo hace suponer que en cuanto se pudiera, se consolidara dren y zona de captación más caño a cielo abierto mediante obras de fábrica y luego todo se enterrara. En este sentido, La Madre capta solo aguas subterráneas en el relleno de un valle fósil sin alveo. Evidentemente, no es un *qanāt* convencional, pero el sistema retiene muchos de sus elementos. Y desde luego, no es una cimbra-zanja.

RECURSOS HÍDRICOS

Un tema de cierto interés es intentar estimar la aportación de la fuente, que evidentemente variaba con el tiempo. No hay datos históricos de caudal, pero es posible realizar una aproximación indirecta a partir de la canaleta central, que tiene una anchura de 0,3 metros según ALEGRE (2001). La profundidad es difícil de estimar dada la carga de sedimentos. Se supone igual que la anchura. Con la pendiente media del caño se ha calculado una tabla de gasto (tabla I), a partir de la fórmula de Manning, con la pendiente media del acueducto y un coeficiente de rugosidad de la piedra de 0,03. Además del volumen total diario, se ha calculado la aportación por persona sobre una población de 1500 habitantes, población que tenía Castejón de Monegros a principios del siglo XX, posible máximo pico de habitantes.

La tabla I, meramente indicativa, enfatiza que el volumen de agua disponible era muy escaso para bajos calados, teniendo en cuenta que una persona necesita del orden de 5 litros en ingesta diaria y sumar el consumo de los animales domésticos y el agua doméstica. De los resultados se deduce también que la baja velocidad del agua, incluso a caudales mediados, favorece inevitablemente la sedimentación.

Es evidente que la aportación de la fuente estaba directamente relacionada con la precipitación y las amplias dimensiones de la val. Lamentablemente, no hay información hidrogeológica sobre el acuífero que la suministra, que tiene una buena resiliencia. Desde luego, La Madre era una buena captación, incluso en momentos duros. *El Diario de Huesca*, interesante fuente de noticias provinciales, señalaba en 1912, durante una sequía que congregó a más de 150 cruces en San Úrbez de Nocito, que vecinos de pueblos monegrinos recorrían más de 6 kilómetros para ir a buscar agua a Castejón.

Por otro lado, existe el recuerdo en Castejón de que durante los dos primeros años de la Guerra Civil, La Madre abasteció al frente republicano de la zona de la sierra de Alcubierre. No parece, sin embargo, algo excepcional, dado que, en ausencia de datos locales, cabe recordar que los dos años citados, fueron muy lluviosos. A modo de ejemplo, se presentan datos del Instituto de Enseñanza Media de Huesca (tabla II).

La precipitación media en la capital altoaragonesa es del orden de los 500 milímetros. Se observa, con claridad, que la precipitación fue mucho

Tabla 1. Estimación de caudales y volúmenes diarios de agua de La Madre de Castejón de Monegros en función del calado del canal de fondo.

<i>Calado</i> (m)	<i>Área</i> (m ²)	<i>Rh</i> (m)	<i>Velocidad</i> (m/sg)	<i>Caudal</i> (l/sg)	<i>Volumen/día</i> (m ³)	<i>Per cápita</i> (litros)
0,01	0,00	0,01	0,08	0,23	19,48	12,99
0,02	0,01	0,02	0,11	0,69	59,41	39,60
0,03	0,01	0,03	0,14	1,30	112,40	74,93
0,04	0,01	0,03	0,17	2,03	175,13	116,75
0,05	0,02	0,04	0,19	2,84	245,48	163,65
0,06	0,02	0,04	0,21	3,73	322,00	214,67
0,07	0,02	0,05	0,22	4,67	403,62	269,08
0,08	0,02	0,05	0,24	5,67	489,50	326,33
0,09	0,03	0,06	0,25	6,70	579,01	386,01
0,10	0,03	0,06	0,26	7,77	671,63	447,75
0,11	0,03	0,06	0,27	8,88	766,94	511,29
0,12	0,04	0,07	0,28	10,01	864,60	576,40
0,13	0,04	0,07	0,29	11,16	964,32	642,88
0,14	0,04	0,07	0,29	12,34	1065,87	710,58
0,15	0,05	0,08	0,30	13,53	1169,03	779,35
0,16	0,05	0,08	0,31	14,74	1273,64	849,09
0,17	0,05	0,08	0,31	15,97	1379,55	919,70
0,18	0,05	0,08	0,32	17,21	1486,62	991,08
0,19	0,06	0,08	0,32	18,46	1594,75	1063,16
0,20	0,06	0,09	0,33	19,72	1703,83	1135,89
0,21	0,06	0,09	0,33	20,99	1813,78	1209,19
0,22	0,07	0,09	0,34	22,27	1924,53	1283,02
0,23	0,07	0,09	0,34	23,56	2036,00	1357,34
0,24	0,07	0,09	0,35	24,86	2148,14	1432,10
0,25	0,08	0,09	0,35	26,17	2260,90	1507,27
0,26	0,08	0,10	0,35	27,48	2374,22	1582,81
0,27	0,08	0,10	0,36	28,80	2488,06	1658,71
0,28	0,08	0,10	0,36	30,12	2602,39	1734,93
0,29	0,09	0,10	0,36	31,45	2717,17	1811,44
0,30	0,09	0,10	0,36	32,78	2832,36	1888,24

Tabla II. Precipitaciones en el Instituto de Huesca (1930-1940).

Año	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Milímetros	529	433	743	593	767	540	1135	807	413	529	532

más elevada en 1936 y 1937. A más lluvia, más recarga al acuífero y más aportación del manantial. Además, están las técnicas de incremento de la infiltración como el pinchado del terreno, descrito por BENITO (2004a), o el simple laboreo de los campos situados val arriba en contraposición con la impermeabilización superficial por pisoteo del ganado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la amabilidad de la alcaldesa y otros miembros de la corporación municipal de Castejón de Monegros. Y también la ayuda del personal de la Biblioteca del IEA y del arqueólogo Javier Rey.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, J. F. (2001). *Memoria valorada para la conservación y acondicionamiento de la antigua captación de agua "La Madre" en el municipio de Castejón de Monegros*. Informe inédito. 14 pp.
- ÁLVARO, M. I., y J. IBÁÑEZ (coords.) (2008). *Patrimonio hidráulico en Aragón*. Aqua-Unizar-Cajalón. Zaragoza. 343 pp.
- ANTEQUERA, M., E. IRANZO y J. HERMOSILLA (2015). Las galerías drenantes en España: cuantificación y clasificación tipológica de los sistemas horizontales de captación de aguas subsuperficiales. En C. Sanchis-Ibor, G. Palau-Salvador, I. Mangué y L. P. Martínez-Sanmartín (eds.), *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick*: 1139-1154. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- BAILIFF, I. K., C. M. GERRARD, A. GUTIÉRREZ, L. M. SNAPE-KENNEDY y K. N. WILKINSON (2015). Luminescence dating of irrigation systems: Application to a qanāt in Aragón, Spain. *Quaternary Geochronology*, 30: 452-459.
- BARCELÓ, M. (1983). Qanāt(s) a al-Ándalus. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 2: 3-22.
- BENITO, M. (2004a). La fuente de Castejón de Monegros: Una fábrica de agua (1). *Diario del Alto Aragón*. 13/6/2004.
- BENITO, M. (2004b). La fuente de Castejón de Monegros: Una fábrica de agua (2). *Diario del Alto Aragón*. 27/6/2004.
- BUIL, J. J., M. B. ZABALZA e I. ICART (2011). *Castejón de Monegros. Territorio, patrimonio, historia*. Ayuntamiento de Castejón de Monegros. 137 pp.

- CASTÁN, A. (2004). *Torres y castillos del Alto Aragón*. Diario del Alto Aragón. Huesca.
- CUCHÍ, J. A. (1989). *Aportaciones al conocimiento de los suelos salinos de Aragón*. INIA (Serie monográfica de tesis doctorales del INIA, 79). Madrid. 400 pp.
- CUCHÍ, J. A., P. MARTÍN RAMOS y J. A. RAUSA (2018). Captación de aguas superficiales temporales en zonas semiáridas monegrinas: el azud y partididor de Valdezaragoza (Lanaja). *Anales de la Fundación Joaquín Costa*, 30: 21-38.
- EREZA, J. I., F. JAIME, M. ARENILLAS, C. DÍAZ-GUERRA, R. CORTÉS y L. ARENILLAS (1998). Inventario de obras hidráulicas de la cuenca del Ebro en Aragón. *Actas del Congreso Nacional de Historia de la Construcción*: 225-232. La Coruña.
- GERRARD, C. (2011). Contest and co-operation: strategies for medieval and later irrigation along the upper Huecha valley, Aragón, north-east Spain. *Water History*, 3 (1): 3-28.
- GUERRA, E. (2006). Los Viajes de Agua de Madrid. *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 46: 419-465.
- GUITART, C. (1979). *Castillos de Aragón. 1. Desde el siglo IX al segundo cuarto del XIII*. Librería General (Aragón). Zaragoza. 191 pp.
- IGME (1998). *Mapa geológico de España a escala 1 : 50 000. Hoja 1 : 5000 – 356 (Lanaja)*. IGME (Memoria, 65). Madrid. 1 mapa.
- LABARA, H. (2003). *¿Acueducto romano subterráneo en Castejón de Monegros?*
<https://web.archive.org/web/20060725015735/http://personal.telefonica.terra.es/web/webherjos/>
- LIGHTFOOT, D. R. (1996). Syrian qanāt Romani: History, ecology, abandonment. *Journal of Arid Environments*, 33 (3): 321-336.
- LÓPEZ-CAMACHO, B., I. DE BUSTAMANTE y J. A. IGLESIAS (2005). El Viaje de Agua (qanāt) de la fuente Grande de Ocaña (Toledo): pervivencia de una reliquia hidráulica. *Revista de Obras Públicas*, 152: 43-54.
- MADOZ, P. (1845-1850). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar. Provincia de Huesca*. Madrid. Ed. facsímil: Ámbito Ediciones / DGA. Valladolid. 335 pp.
- RAUSA, J. A., J. L. VILLARROEL y J. A. CUCHÍ (2016). La fuente del Milagro, en la cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes (Sariñena, Huesca). *Lucas Mallada*, 18: 31-45.
- SANCHO, C. (2005). Geología y relieve de los Monegros. En G. Gavín González, *Comarca de los Monegros*: 25-42. DGA (Territorio, 16). Zaragoza.
- STIROS, S. C. (2006). Accurate measurements with primitive instruments: The “paradox” in the qanāt design. *Journal of archaeological science*, 33 (8): 1058-1064.
- <http://www.sipca.es/censo/1-INM-HUE-010-083-004/Acueducto/la/Madre.html#.WgssBlvWzRY>
<https://web.archive.org/web/20060725015735/http://personal.telefonica.terra.es/web/webherjos/>
<http://hemeroteca.diariodelaltoaragon.es/>