

La cantera romana de Muel (Zaragoza): un estudio preliminar

Roman quarry of Muel (Zaragoza): a preliminary study

P. Uribe, M.^a Á. Magallón, J. Fanlo, M. Navarro, J. V. Picazo,
A. Ferreruela, H. Royo, C. Concha y F. Pérez-Lambán

Resumen

Se presenta una gran cantera romana situada en las inmediaciones de la presa romana de Muel (Zaragoza). De la misma procede la piedra empleada en la construcción del gran complejo hidráulico.

Palabras clave: *Cantera romana, presa romana.*

Abstract

A great Roman quarry appears from Roman Dam of Muel (Zaragoza). From the quarry construction comes the used stone the big roman complex hydraulic.

Keywords: *Roman dam, roman quarry.*

En este trabajo que aportamos al homenaje dedicado a los profesores Teresa Andrés Rupérez, José Antonio Hernández Vera, Manuel Martín-Bueno y Carlos Pérez Arrondo, un grupo de investigadores y profesores del Departamento de CC de la Antigüedad, queremos reconocer la influencia que han tenido en nuestra formación y en la metodología de trabajo arqueológico en equipo que nos han inculcado a lo largo de su importante y fecunda vida universitaria.

Antecedentes

En primer lugar queremos destacar la oportunidad de poder afrontar el estudio de un gran monumento

como es la presa de Muel y la cantera de la que se extrajo la piedra para su construcción, ya que son numerosas las novedades científicas que se derivan de las investigaciones de estos dos grandes monumentos. En estos momentos el caso de Muel es uno de escasos¹ ejemplos en los que se puede analizar conjuntamente el monumento romano y la cantera.

Los trabajos iniciados² en el año 2009 por un equipo de arqueólogos del Dpto de CC de la Antigüedad de la Universidad de Zaragoza en la llamada Presa de Muel, han conducido a un mejor conocimiento del complejo hidráulico romano. Al mismo tiempo otro equipo de arqueólogos, encargados por el Gobierno de Aragón, efectuaba la catalogación de

1. Bessac, J.-C. y Vacca-Goutoulli, M., 2002, 11.

2. Proyecto financiado por el Gobierno de Aragón a través de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte, Dirección General de Patrimonio Cultural y el proyecto de Investigación PI004/08, "Presas romanas en Aragón: Análisis de la construcción, procesos de sedimentación y determinación cronológica de la presa romana de Muel y de la presas del Aguasvivas", de la Consejería de Ciencia, Tecnología y Universidad, Gobierno de Aragón. En la actualidad los trabajos que desarro-

los vestigios arqueológicos del término de Muel, dentro de la realización del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de dicha localidad, descubrieron³ la cantera que abasteció de piedra a los constructores de la gran presa que cerraba el curso del río Huerva. Ambos equipos han unido sus esfuerzos y presentan un avance de los descubrimientos que se han llevado a cabo. Los trabajos sobre la presa se han presentado en diferentes congresos y reuniones científicas⁴.

1. La cantera romana de Muel

Pese a los vestigios que se conservan y su proximidad al monumento romano, la cantera ha pasado desapercibida para la comunidad científica. La misma se halla situada al este de los restos de la presa de Muel, en las proximidades del casco urbano de dicha localidad zaragozana, en la loma calcárea en la que se apoya el lado este de la presa. La cantera antigua descubierta se extiende a lo largo del frente calcáreo situado en la margen derecha del río Huerva, con un recorrido de unos 1650 m., entre las cotas 480 y 440 m. s.n.m. En el mismo frente se ha venido explotando una gran cantera moderna, hoy ya cerrada, cuya huella se aprecia en el actual paisaje (Fig. 1).

Este frente forma parte de una loma bastante destacada sobre el entorno y conformada por un importante paquete calcáreo. Separada de la zona principal por una barranquera y a una cota unos 10 m. más baja, encontramos otra pequeña loma calcárea en el extremo Oeste, donde se localiza la principal concentración de extracciones, lugar en el que se realizaron las prospecciones más intensas con resultados positivos y los sondeos arqueológicos que han corroborado la antigüedad de la cantera.

2. La investigación arqueológica

2.1. Las prospecciones

Los trabajos arqueológicos desarrollados en la presa de Muel, en los años 2009, 2010 y 2011 nos han permitido conocer mejor las características de la construcción hidráulica, su cronología e investigar

con profundidad el monumento. Para ello, en el año 2010 se llevaron a cabo prospecciones arqueológicas en el entorno de la presa. Estas actuaciones y primeros reconocimientos se efectuaron como parte del Plan de Ordenación Urbana de Muel, y fueron realizados directamente por J.A. Ferreruela, J. Fanlo y J. V. Picazo⁵.

Las prospecciones, inicialmente, se centraron en los vestigios de la cantera que se extiende a lo largo del frente calcáreo⁶. Las prospecciones⁷ tenían como objeto el buscar e identificar las marcas y huellas de los trabajos llevados a cabo en la citada cantera y que confirmaran la antigüedad de la misma.

Estas intervenciones arqueológicas han permitido observar una clara diferencia en los procesos de explotación de los dos sectores determinados en la cantera: el Sector Oeste y el Sector Este. Además se ha constatado que la cumbre de ambas unidades está cubierta por una débil capa superficial que ha desaparecido en buena parte por incidencia de la erosión y de la actividad antrópica. Las laderas, en su tramo medio e inferior, aparecen tapizadas por materiales de arrastre mostrando acumulaciones significativas y un aspecto, en general, regulado.

En líneas generales, tras contrastar la información con los especialistas⁸ que forman parte del equipo, podemos decir que la cantera se encuadra dentro del dominio jurásico, concretamente en el Jurásico superior (Malm), dentro del que aparecen dos formaciones calcáreas.

En la parte superior se detectan calizas con oncolitos de la formación Higuieruelas. Son calizas lodosas a lodogranulares (*wackestones* a *packstones*) y, en menor proporción granulares (*grainstones*) de oolitos, como se observa en algunos puntos. Se estratifican en bancos gruesos de aspecto masivo, son muy duras y suelen marcar resaltes topográficos.

En la parte inferior las calizas y margo-calizas de la formación rítmica calcárea de Loriguilla, son de tipo calcidolodita (*mudstones*), con armazón o entramado de lodo calcáreo y pocos componentes aloquímicos (inferiores al 10%), dispersos, como flotando en el lodo. Aparecen bien estratificadas en capas 10-30 cm. En

llamos se enmarcan en las investigaciones del proyecto HAR2011-24390/Hist. Hidráulica romana en el Valle del Ebro II. Las presas romanas de Muel (Zaragoza), Pared de los Moros (Muniesa. Teruel) y de la Ermita del Pilar (Monforte de Moyuela. Teruel) del Ministerio de Economía y Competitividad.

3. Las primeras noticias oficiales de la existencia de una gran cantera antigua se las debemos a J. Fanlo, A. Ferreruela y J. V. Picazo, quienes al elaborar el PGOU del municipio de Muel descubrieron la cantera y otros yacimientos arqueológicos.

4. , Navarro *et al.* (2014), Rekalitxe *et al.* (2013), Uribe *et al.* (2011), Uribe *et al.* (2017?), Uribe *et al.* (2013).

5. Para las prospecciones sistemáticas se contó también con la colaboración de estudiantes y becarios del Departamento de CC de la Antigüedad de la Universidad de Zaragoza.

6. Se prospectó intensamente en todas la superficie de la cantera, unos 1650 m entre las cotas 480 y 440 m. s.n.m.

7. Tuvieron lugar los días 5 y 26 de noviembre de 2010.

8. Información elaborada por Hernando Royo Plumed, geólogo especializado que forma parte del equipo de Muel.

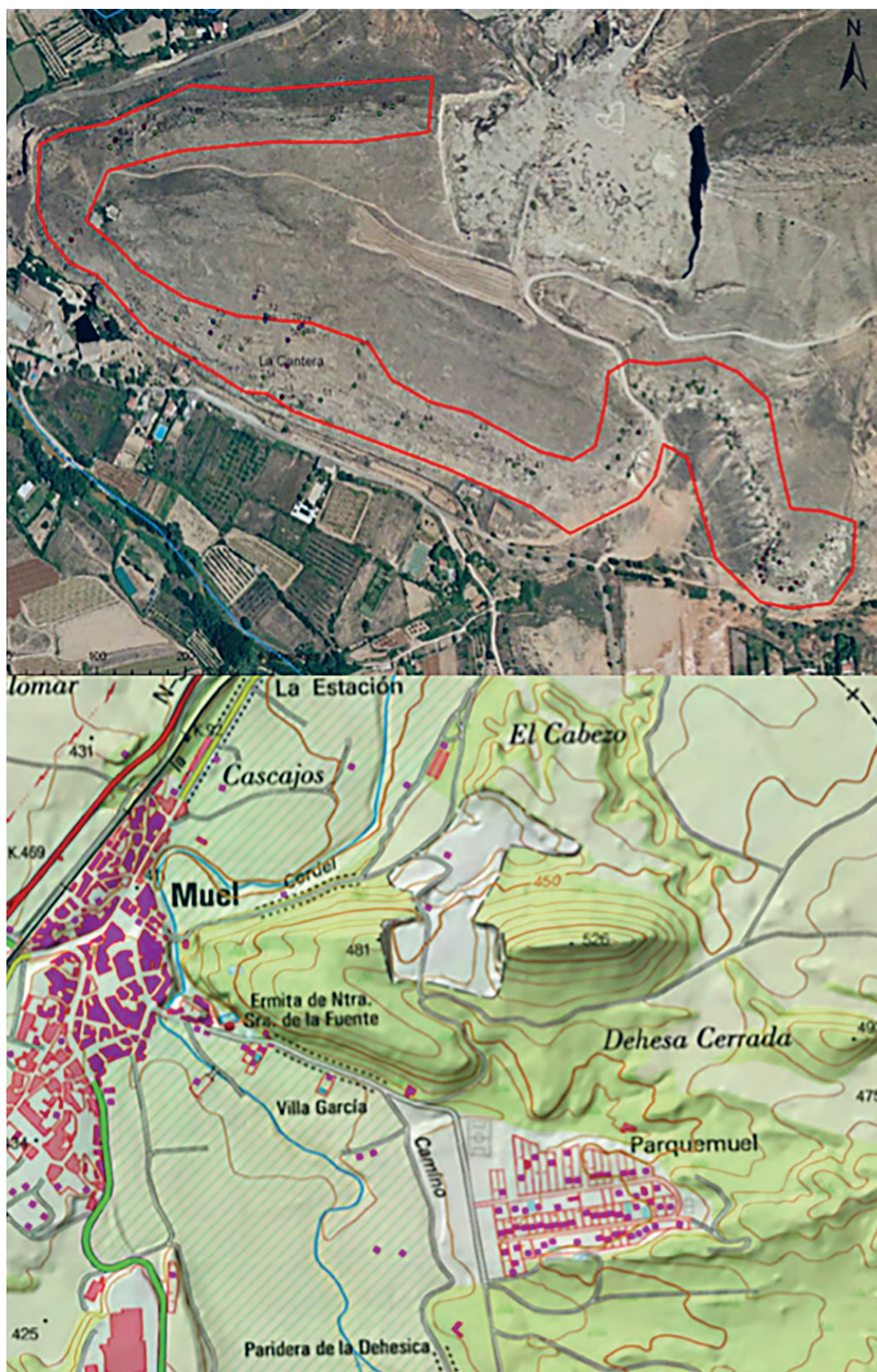


Figura 1. Mapa de localización y fotografía aérea de la cantera con la indicación de los puntos georreferenciados.



Figura 2. Zona prospectada y delimitada de la cantera romana de Muel. Obsérvese la huella la extensión de los frentes de extracción, los conos de residuos y el impacto en el terreno de la explotación moderna.

superficie las calizas son amarillentas, con pátina rojiza⁹. Podemos afirmar que la explotación antigua se ha centrado en las calizas superiores pues, debido a su estratificación masiva, permiten la obtención de grandes bloques.

En la prospección arqueológica directa sobre el terreno se llevó a cabo un rastreo sistemático, realizando recorridos más o menos paralelos a cotas diferentes en el frente de la formación calcárea. Como consecuencia de estos rastreos se detectaron las huellas de las extracciones más relevantes que se pueden

apreciar a primera vista, sin necesidad de proceder a limpiar y excavar la cantera.

Para facilitar el registro, control y evaluación de los vestigios los diversos tipos de actividad antrópica y restos de trabajo, éstos fueron numerados de forma correlativa, georreferenciándose y elaborando una ficha de identificación, en la que se realiza una descripción sumaria a la que se añade la documentación gráfica pertinente. Como resultado se han evaluado, registrado y determinado, 69 puntos como posibles vestigios de los trabajos romanos ya que conservan huellas evidentes de trabajos, marcas y huellas de extracción. Igualmente, se puede decir que si bien, destacamos mediante registro y documentación individualizada los puntos de interés especial, las huellas de extracciones son casi continuas a lo largo de todo el frente delimitado. Se puede comprobar la existencia de huellas sistemáticas de extracciones de bloques así como escombreras en todo el polígono delimitado.

Se detectan indicios y marcas que corresponden a diferentes técnicas de extracción y que apuntan a varios momentos de utilización, como por otra parte es habitual en este tipo de explotaciones, aunque en este caso podemos adelantar que prácticamente la cantera está destinada a la obtención de la piedra empleada en la construcción de la presa.

En las imágenes que presentamos a continuación se pueden apreciar estos ejemplos. Para facilitar su identificación se mantiene la numeración que figura, junto con su georreferenciación, en las fichas de las prospecciones. Recordemos que se identificó 69 puntos de interés en los que se conservan restos de extracción antigua.

Como se puede apreciar en las imágenes (Fig. 2) a lo largo de la cantera hay indicios de los sistemas de extracción de bloques típicos en canteras antiguas; destacamos la conservación de los frentes de extracción, la estructura escalonada y los restos de los residuos resultantes del proceso de extracción que se van arrojando junto a los frentes, además se han conservado excepcionalmente restos concretos de extracción muy similares a los que se conocen en otras canteras¹⁰. Los vestigios de la excavación de canales tallados en la roca con martillo y cincel, picos metálicos o de piedra. Huellas de explotación mediante palancas aprovechando y ampliando las fracturas abiertas insertando palancas, barras o piedras. Creemos que las improntas y restos no ofrecen en este caso ningún riesgo interpretativo¹¹ ya que, según los vestigios analizados, apenas hay en la cantera intervenciones de épocas históricas posteriores por lo que consideramos los vestigios de época romana (Fig. 3).

9. Las calizas inferiores ha sido objeto de explotación reciente en una cantera abandonada.

10. Gutierrez García-Moreno, A. (2009 y 2010).

11. Pizzo, A. (2012, 366).

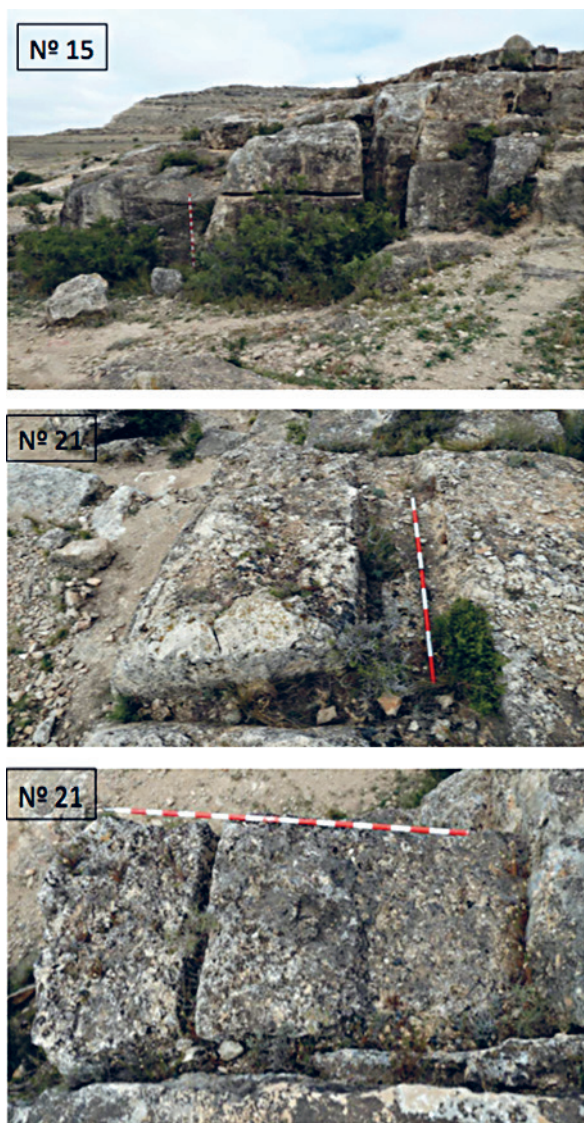


Figura 3. Restos de extracción: surcos en U, gradas aprovechando fracturas naturales, negativo del sillar.

En este caso la extracción se ha centrado en las calizas superiores sin que fuera necesario la profundización¹² como sucede en otras explotaciones. Los frentes de cantera detectados son escalonados y apenas tienen dos o tres metros de altura. Igualmente hay que considerar que esta estratificación permite la obtención de grandes bloques y, en este

caso de un modo rápido y más económico. La extracción del material se realiza en las primeras capas de piedra, a cielo abierto, aprovechando las fracturas naturales escalonando el terreno siguiendo la pendiente del mismo. Este tipo de explotaciones es propio de la época y se ha observado en numerosos lugares¹³.

Por último se detectan conos de extracción situados en el tramo medio e inferior de las laderas que aparecen tapizadas por materiales de arrastre mostrando acumulaciones significativas y un aspecto, en general, regulado. Estas acumulaciones de materiales de la extracción que van colmatando el frente del que se extraen los bloques se hallan en otras canteras antigua¹⁴ (Fig. 4). Estas investigaciones en el terreno nos aportaron una información extraordinaria acerca del funcionamiento y explotación de la misma.

Podemos decir que salvo el deterioro producido por la erosión natural del terreno, motivado por la pendiente y los meteoros naturales, la cantera ha permanecido en gran parte tal y como quedó tras la construcción de la presa. Recordemos que estamos en una explotación a cielo abierto realizada para obtener materiales para la realización de un monumento muy concreto.

2.2. Los sondeos

Para corroborar los resultados obtenidos en las prospecciones se procedió en el año 2011 a efectuar dos sondeos¹⁵ y la limpieza de algunos puntos en los que se habían encontrado restos de tallas, extracción y residuos antiguos.

Los trabajos se realizaron en el sector sur oeste –zona mejor conservada y que presenta los vestigios más claros– y consistieron¹⁶ fundamentalmente en la limpieza de los surcos de extracción y de algunas de las huellas más notables. Aunque hay que considerar que toda la extensión que ocupa la cantera ha sufrido una serie de modificaciones debidas a la propia evolución del paisaje y, desde luego, a la acción antrópica intensificada en el último siglo como consecuencia de la construcción de un camino/carretera y por las actividades deportivas que se llevan a cabo en la misma. También se procedió a la limpieza de un frente de extracción situado en el límite suroeste de la cantera.

12. Como es el caso de la Cantera de L'Estel en el Pont du Gard, Bessac y Vacca-Goutoulli (2002, 16-18), o en El Medol (Tarragona), Gutiérrez, A. (2009, 146-158) u otros ejemplos en los que la extracción se realiza en galerías subterráneas. 13. Gaillard, J. (2011, 79).

14. Sobre los restos de extracción, Gaillard (2011, 71 y ss.).

15. Los trabajos se realizaron entre los días 24 de agosto al 3 de septiembre del año 2011, participando en los mismos la Dra. Magallón y la Dra. Uribe y el Lcdo. J. Fanlo.

Además resultaron imprescindibles la colaboración desinteresada de los alumnos y licenciados del Dpto. de Ciencias de la Antigüedad, M.^a Pilar Blecua Roca, Paula Canales Mesa, Cristian Concha Alonso, Isabel Escobedo Mugerza, Hugo Fernández Navarro, Guillermo Morales Serrat, David Padules Baguera, Marta Pérez Polo y Cristina Sánchez Martínez.

16. Debemos indicar que debido a las restricciones presupuestarias nos ha sido imposible trabajar más.



Figura 4. Restos de los conos de extracción de los frentes de cantera. (Foto. Sig-Pac).

Se completó el trabajo con planos y restituciones en 3D para una mejor documentación de la misma.¹⁷

Sondeo 1: Zona superior del extremo suroeste de la cantera.

La explotación a cielo abierto aprovecha el frente superior del escarpe más expuesto. Se ha analizado la parte superior de las paredes de la cantera o la zona más elevada de las gradas de extracción, ya que como se ha podido apreciar los depósitos de los restos de la talla y la acumulación de los sedimentos naturales colmatan o encubren gran parte de los vestigios antiguos.

Este trabajo permite aproximarnos al procedimiento de explotación empleado de un modo generalizado en toda la cantera, probablemente el más antiguo, es un sistema en gradas que asciende desde la base hacia la parte superior generando un frente escalonado con abundantes huellas de extracciones, reproduciendo un modelo instaurado y conocido desde época romana.

Gracias a los trabajos de limpieza y de eliminación de los residuos de la explotación que cubrían los frentes de la talla hemos podido comprobar la existencia “in situ” de varios sillares en fase de extracción. Las dimen-

siones de los mismos coinciden aproximadamente con el módulo de los sillares empleados en la presa, hay que pensar que antes de su colocación se llevaría a cabo un proceso de desbastado para poder situarlos en la hilada correspondiente de la presa (Fig. 5).

Evidentemente los materiales que se obtienen están destinados a la presa y según se ha observado en la misma, gran parte de los sillares son de tamaño similar pero no iguales. Estas observaciones permiten afirmarnos en que la cantera estaba destinada a la construcción y que la misma se dejó de utilizar unavez finalizada la presa.

Sondeo 2. Frente de extracción de la zona situada al suroeste de la cantera.

Para comprobar el proceso y conocer el ritmo de los escalones de extracción se realizó una exhaustiva limpieza en la zona lateral del suroeste de la cantera. Este trabajo ha permitido conocer el frente escalonado de extracción y observar el proceso de acumulación de los desechos que recubren el suelo de la cantera y, aunque, en ocasiones dificultaban el trabajo, también son un testimonio de la explotación antigua de la cantera (Fig. 6).

17. Empresas TECNITOP y Scanner Patrimonio e Industria.

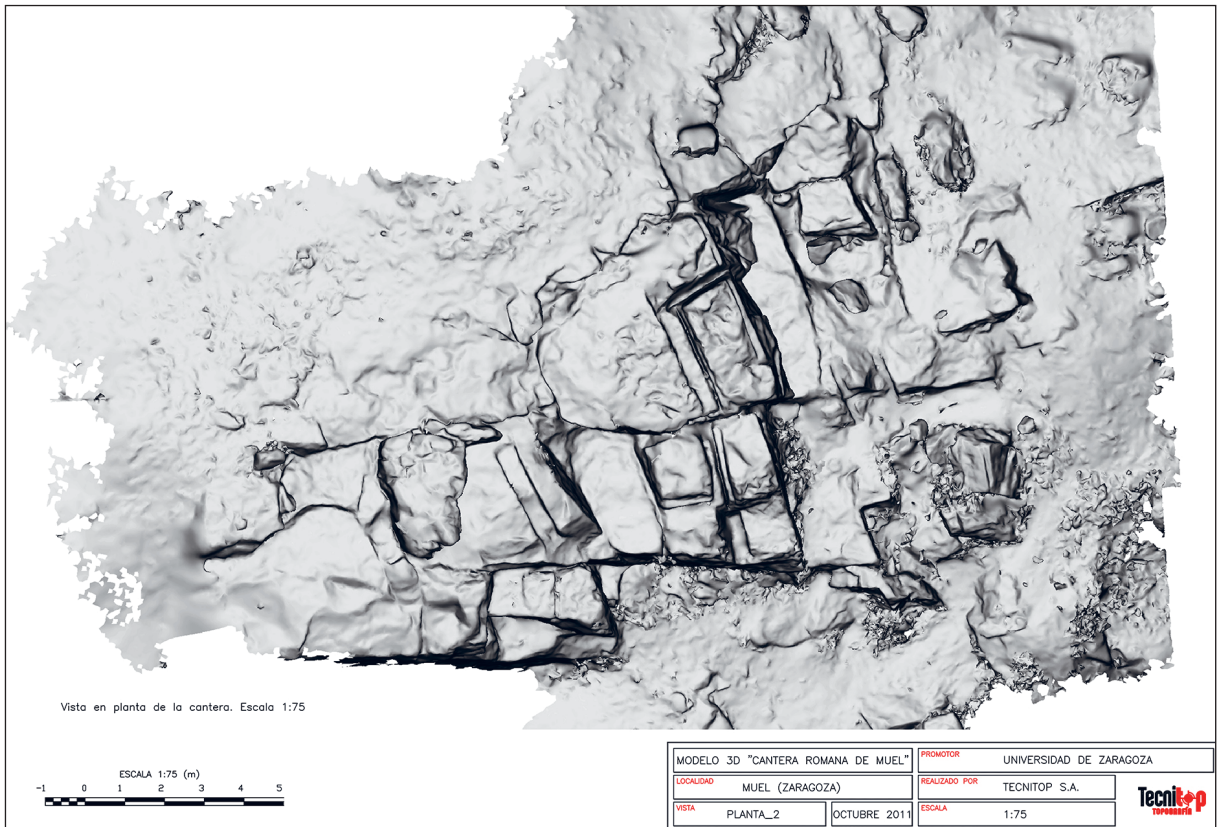


Figura 5. Planta zona de extracción y vestigios de sillares. (Plano: Tecnitop).

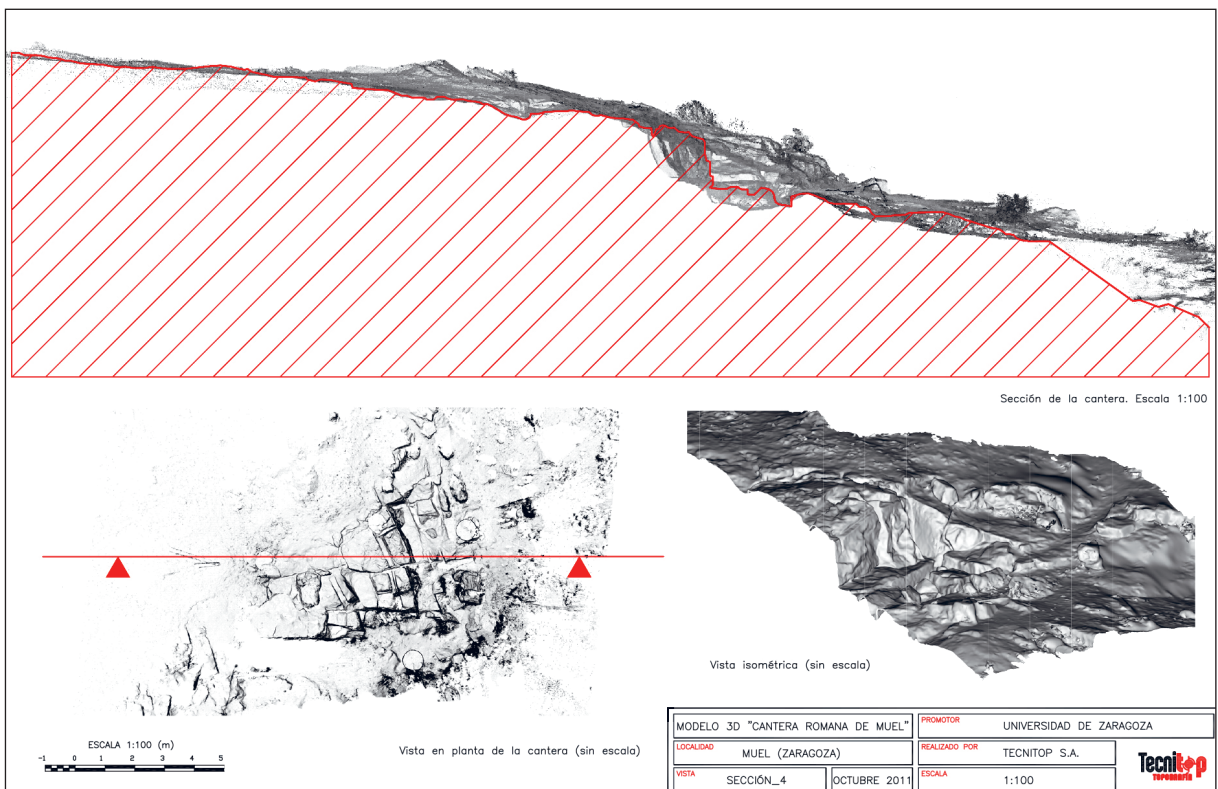


Figura 6. Corte longitudinal de zona de extracción y vestigios de sillares (Plano: Tecnitop).



Figura 7. Coronamiento actual de la presa en el que se puede observar la variedad de los sillares empleados.

Los sondeos y excavaciones¹⁸ realizados en la propia presa, analizando los materiales y técnicas de construcción, permiten reafirmarnos en la idea de que estamos ante una extraordinaria explotación destinada a la construcción de un único monumento.

Los bloques empleados en la presa, prácticamente se trasladan de la cantera al monumento. La distancia entre ambas favorece la explotación de la cantera. Por otra parte, hay que considerar que la construcción de la presa no exige una labra ni talla de piezas muy regulares y precisas. Los bloques con los que se levanta, aunque mantienen cierta regularidad, tienen tamaño y formas variadas ya que están destinados a colocarse en el cuerpo de la presa, constituido como hemos podido apreciar por materiales de tamaño y forma muy variada (Fig. 7). Únicamente se mantiene la regularidad en los sillares empleados en las caras externas de las hiladas. Este aspecto lo hemos podido analizar en las hiladas correspondientes a aguas arriba, conservadas en buen estado gracias al aterramiento de la presa (Fig. 8).

Efectivamente, los sondeos realizados en el año 2009 y 2010¹⁹ en la zona aguas arriba, nos han permitido conocer el aspecto original de la presa ya que hay zonas que se cubrieron con los restos de su talla y construcción y otras se colmataron en un lapso de tiempo relativamente breve²⁰ por lo que dicha pared permanece prácticamente intacta, lo que ha permitido contrastar el estado de conservación de los dos lados de la presa. Uno, conservado muy bien gracias al aterramiento que lo protege y el otro sometido a un proceso de expolio que ha reducido la anchura actual de la presa en más de un metro.

3. El Marco geológico²¹

3.1. La geología del contexto de la cantera de Muel

Desde el punto de vista geológico, el territorio en el que se localiza la cantera romana de Muel, se sitúa en el límite de la Cordillera ibérica y el sector central de la Cuenca del Ebro. Está constituida por materiales de

18. Uribe *et al.* (2011), etc. Reklaytite *et al.* (2013). Navarro *et al.* (2014).

19. Uribe *et al.* (2010).

20. Afortunadamente en la excavación de la presa se realizaron dataciones con C14 y se ha podido conocer la cronología del proceso de colmatación. Uribe *et al.* (2011, 335-343).

21. Para conocer mejor la calidad de la piedra y sus adecuación a la construcción, en el equipo de trabajo que estudia el complejo hidráulica y la cantera de Muel, contamos en el equipo de trabajo con la inestimable colaboración del geólogo especializado Armando Royo Plumed.

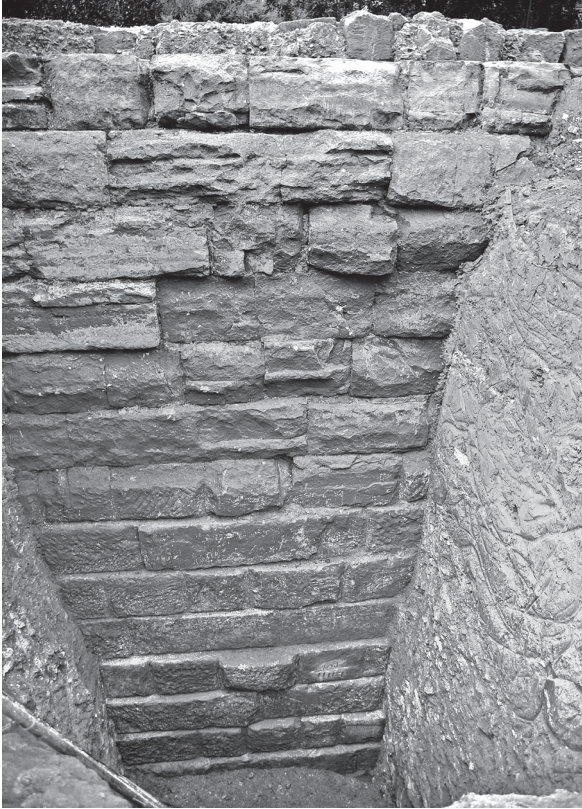


Figura 8. Pared interior (aguas arriba) de la presa. Se puede apreciar el estado y la conservación de los sillares en su zona inferior.

una edad comprendida entre el Jurásico y el Mioceno superior, recubiertos parcialmente por sedimentos de edad cuaternaria (Fig. 9). Los mapas geológicos analizados nos han ayudado a conocer el contexto en el que se encuentra la cantera.

Junto a Muel, aparecen bien representados los materiales jurásicos, en un pequeño afloramiento disperso los sedimentos del Jurásico Superior (Malm). Este afloramiento se sitúa en la margen derecha del río Huerva, en él está anclado el pie derecho de la presa romana y a lo largo de toda su extensión se pueden reconocer marcas de extracción de piedra.

Está compuesto de calizas y margocalizas de la Formación Ritmita calcárea de Loriguilla (6)²² y de calizas con oncolitos de la Formación Calizas con oncolitos de Higuieruelas (7). Edad Kimmeridgiense (Jurásico superior o Malm). En la estructura existente en Muel la Formación inferior (Loriguilla) aflora parcialmente. En Mezalocha se observa una alternancia, de aspecto rítmico, de calizas, margas y margocalizas, de tonos grises y negruzcos, en capas de 20 a 50 cm. En los niveles inferiores se distinguen

22. Las indicaciones en el texto corresponde a los números

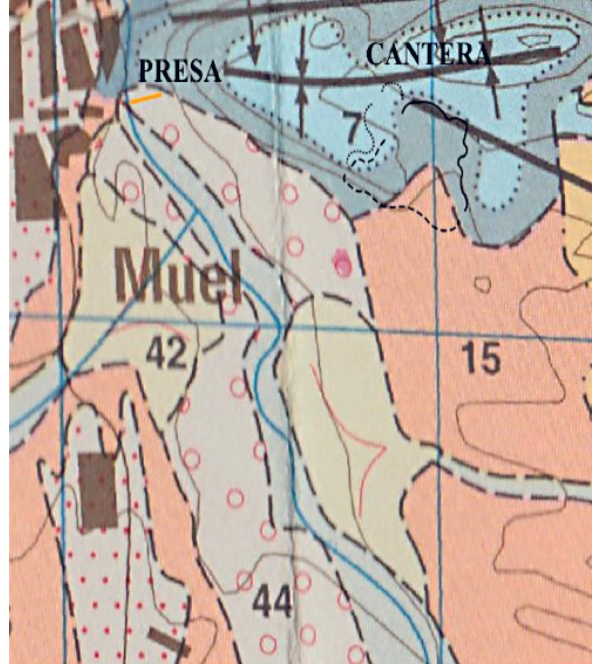


Figura 9. Hoja de Longares 411 (27-16) de la serie MAGNA E. 1:50.000. Foto aérea Google.

pequeños cubos de pirita y restos de conchas. Al microscopio son *mudstone* limosos y localmente bioclásticos y recristalizados (biomicroesparitas). Se generarían en medios tranquilos, por debajo del nivel de base del oleaje, en una plataforma submareal (IGME 2005).

del mapa geológico de la figura 10.

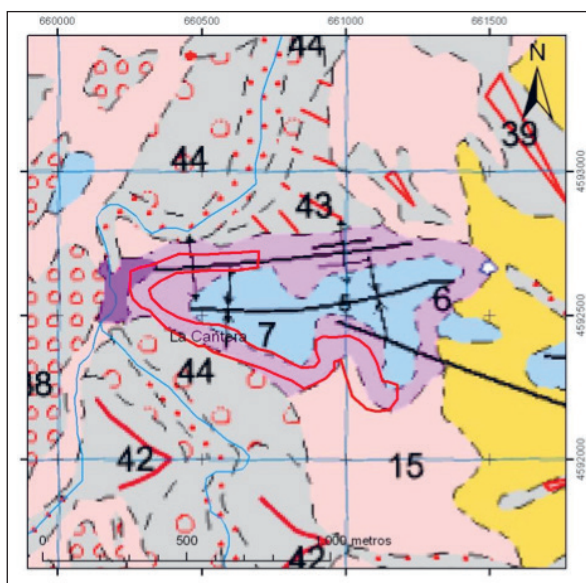


Figura 10. Mapa geológico del sector en torno a la localidad de Muel. Las indicaciones en el texto corresponde a los números del mapa.

Protegiéndola de la erosión, la Fm. Higuieruelas es la unidad cartográfica del Jurásico que aflora con mayor extensión en las proximidades, aunque el afloramiento de Muel se puede considerar de índole menor. Ha sido estudiada, como la unidad anterior, en la columna estratigráfica 04-Mezalocha, donde afloran 35 m, constituidos en la base y en el techo por calizas bioclásticas y oncolíticas, grises, en bancos de 0,5 m de potencia, con un tramo intermedio de calizas bioconstruidas, tipo biohermo o biostromo y oncolíticas, blanquecinas muy recristalizadas. Al microscopio, en la base de la serie, predominan las calizas con textura mudstone-wackestone con bioclastos y siliciclastos. Hacia techo, estas calizas van adquiriendo paulatinamente texturas packstone-grainstone con bioclastos y otros aloquímicos, disminuyéndose el contenido en siliciclastos hasta llegar a cantidades accesorias (1%), a excepción de los estratos del techo de la serie, en la que vuelven a aparecer siliciclastos en porcentajes de incluso el 10% (IGME 2005) (Fig. 10).

Las unidades geológicas que se pueden encontrar en sus alrededores de edad Aragoniense inferior (Mioceno) son la Unidad Remolinos-Lanaja con lutitas rojas, areniscas y conglomerados (15) y la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora con lutitas rojas (18). Constituyen un tramo muy característico en la región y que en numerosos puntos de la zona, ha sido objeto de explotación (Muel y Jaulín) para la industria

cerámica. Terrazas de cantos y gravas polimícticas redondeadas (38 y 44) de edad Pleistoceno-Holoceno (Cuaternario). Asociadas al curso del río Huerva. Y conos de deyección, aluviales y fondos de valle de gravas, arenas, limos y arcillas (42 y 45) de edad Holoceno (Cuaternario) (IGME 2005).

Las peculiaridades geológicas que acabamos de describir justifican que hasta el momento no se haya prestado interés por la piedra que se encuentra en las proximidades de la presa romana. Según se desprende de la información que ofrecen algunos de los documentos y estudios sobre cantería, la gran cantera de Muel y el trabajo de cantería en la zona no se desarrolló hasta fechas recientes. No consta en la documentación²³ conocida y en la misma no hay referencias a canteros y maestros de obra de Muel. No obstante, desde la segunda mitad del siglo XX se ha venido explotando parte del gran afloramiento de piedra caliza situada en las proximidades de la cantera romana. De hecho, sólo la interrupción por motivos de seguridad de la explotación moderna -al hallarse muy cercana a lugares habitados- garantiza la conservación de los vestigios antiguos.

3.2. Muestreo y metodología

Para completar el conocimiento de la cantera y poder determinar su antigüedad se han realizado una serie de muestreos. Para ello, se han tomado muestras arqueológicas en la presa romana y en la cantera. Al poder determinar que la presa se construyó con la piedra de la cantera, podemos afirmar que la misma se explotó en época romana. El criterio seguido para la selección de las rocas en el muestreo ha sido su estabilidad (su comportamiento frente a la acción de los medios atmosféricos), parámetro relacionado con el grado de meteorización (UNE-EN ISO 14689-1:2003), evitando aquellas muy diaclasadas o en avanzado estado de degradación (Fig. 11).

Las muestras arqueológicas se tomaron de diversos sillares de la parte superior de la presa romana de Muel (s-ML), en función de la variabilidad litológica presente observada macroscópicamente.

Las muestras del afloramiento en el que se ubica la cantera se tomaron en la margen derecha del río Huerva, próxima a la presa romana, se eligió una zona de muestreo donde se corta perpendicularmente la serie del Jurásico superior. Pertenecen a la Formación Ritmita calcárea de Loriguilla (ML-c). Esta formación se extiende por todo el afloramiento jurásico, encontrándose en continuidad litológica a lo largo de todo el frente calcáreo.

23. San Vicente, A. 1993.

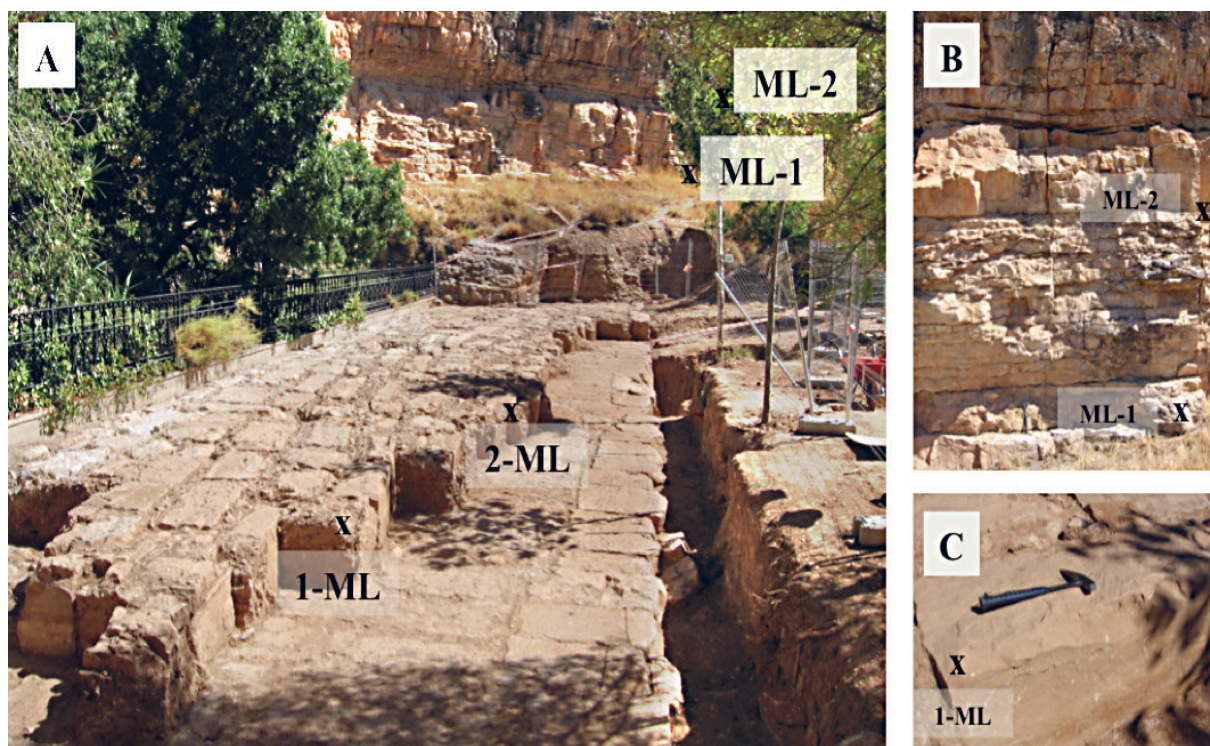


Figura 11. A) Aspecto del coronamiento y estribo derecho de la presa con la situación de los puntos muestreados, B) detalle de la Formación Loriguilla y C) detalle del sillar al que pertenece 1-ML.

Metodológicamente se ha partido del estudio petrográfico completo con descripción macroscópica y de lámina delgada bajo microscopio petrográfico. Se ha usado el modelo OLYMPUS AX-70, del Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. Se ha prestado una especial atención a la composición mineralógica, textura, componentes detríticos, componentes diagenéticos, procesos diagenéticos, tamaño de los componentes, estado de conservación y abundancia. En la figura 12 se presenta el conjunto de microfotografías tomadas en condiciones de luz polarizada plana (NP) y cruzada (NC) (Fig. 12).

De la comparación de las litologías de las muestras analizadas y las descripciones de las diferentes unidades litológicas presentes en la zona, podemos decir que las muestras analizadas provenientes de los sillares de la presa romana de Muel y las correspondientes al afloramiento rocoso próximo presentan una gran similitud mineralógica, composicional y textural. Esto nos permite asegurar que los sillares de la presa de Muel provienen de la Formación Loriguilla o

de la base de la Formación Higuera. Dichas formaciones geológicas componen la estructura geológica sobre la que se asienta el estribo derecho de la presa romana de Muel, encontrándose a lo largo de toda la ladera del monte numerosas muestras de extracción.

Conclusiones

Las líneas precedentes corresponden a una primera fase de la investigación²⁴ que estamos realizando en el complejo hidráulico de Muel y en la zona de extracción de piedra descubierta junto al mismo.

Es evidente que la cantera debe ser asociada²⁵ a la construcción de la presa romana ya que cumple con las premisas necesarias como son la cercanía y su consiguiente facilidad de transporte, calidad y cantidad de la piedra y posibilidad de extracción. A estos añadiremos, otro dato determinante que debemos tener en cuenta y que confirman de un modo objetivo nuestras afirmaciones: los análisis y muestreos realizados en la cantera y la presa, nos revelan que la piedra tiene la misma procedencia

24. El equipo de Muel firmante de este artículo y otros especialistas está realizando una monografía en la que se analizarán los aspectos arqueológicos, geomorfológicos, geológicos, sedimentológicos, epigráficos, incidencia en el territorio, cro-

nología, etc., relacionados con el complejo hidráulico de Muel.

25. Como sucede en otros ejemplos en Mérida (A. Pizzo, 2012), Los Bañales (Lapuente, M. P. *et al.*, 2011) o en el Puente de Martorell (Álvarez y Pitarch, A., 2012,) etc.

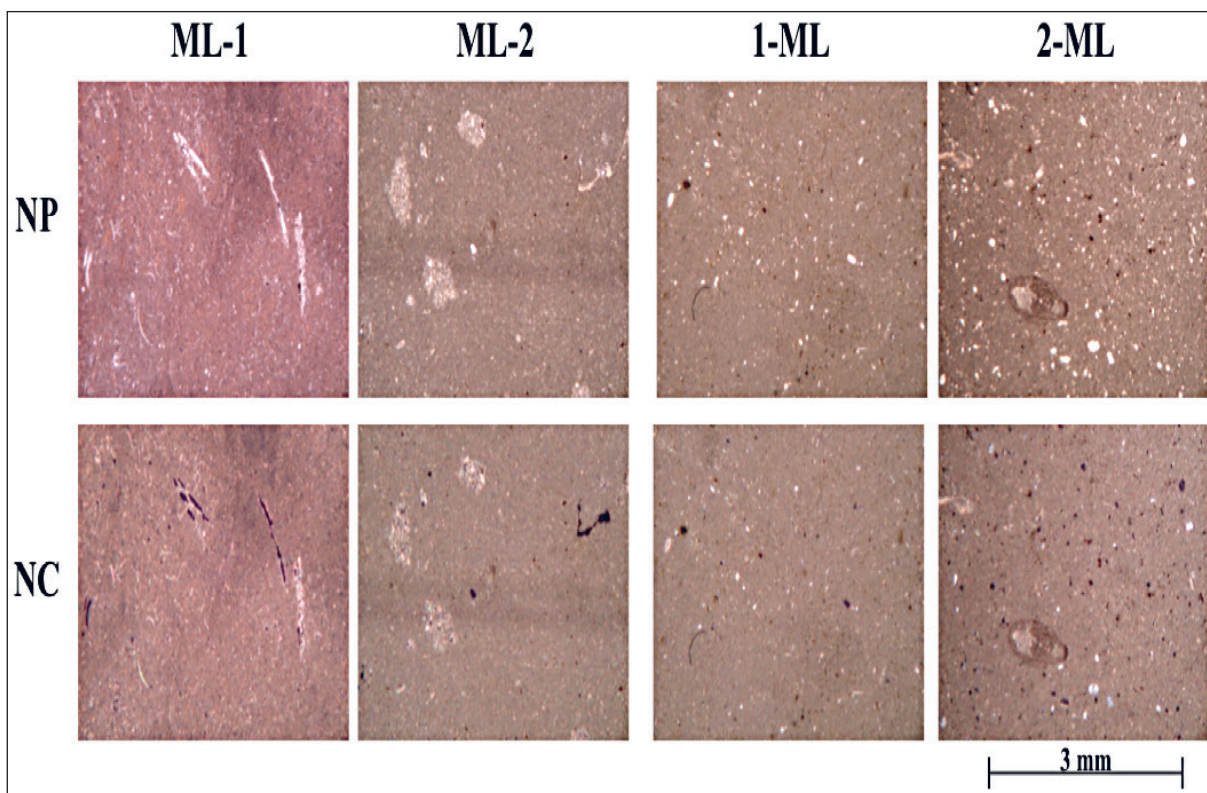


Figura 12. Microfotografías de las muestras estudiadas tomadas en condiciones de luz polarizada plana (NP) y cruzada (NC). Las muestras arqueológicas con siglas s-ML y las geológicas con siglas ML-c.

Respecto al abandono de la cantera y su escasa utilización en tiempos modernos hay un aspecto muy relevante que debemos de tener en cuenta. A lo largo de su historia los habitantes de la localidad de Muel no necesitaban extraer piedra de la cantera que se encuentra en la parte superior de la loma situada al este de la villa. Simplemente se han limitado a arrancar aquellos sillares que necesitan de la pared aguas abajo de la presa. El claro expolio de varias hiladas de sillares así lo demuestra.

Igualmente creemos haber podido demostrar en este estudio preliminar la antigüedad de la cantera romana de Muel. La misma debió ser inicialmente explotada exclusivamente en el momento de la construcción de la presa, es decir en época augustea. Establecida la datación de la presa determinamos la fecha de la cantera. Su cronología viene avalada por las técnicas de construcción y de las fechas de C14²⁶

que se han obtenido en los sondeos realizados aguas arriba de la presa.

El análisis pormenorizado y la interpretación de las más de 50 marcas²⁷ halladas en los sillares de la presa abre un nuevo panorama para el estudio del proceso de funcionamiento de la cantera. Su estudio nos permitirá seguir la secuencia de la extracción y de la colocación de los sillares en la obra.

Estamos sin duda ante un conjunto singular que nos habla del enorme esfuerzo realizado en época augustea para organizar y explotar el amplio territorio de la colonia fundada sobre la antigua Salduie. El abastecimiento de agua a la colonia junto con la explotación agrícola del valle de La Huerva es uno de los factores que condujeron a la construcción de la presa y a la explotación de la piedra en uno de los escasos lugares que la geología y la acumulación de sedimentos ofrece en el entorno de Caesaraugusta.

26. Uribe *et al* (2011).

27. Navarro *et al*. (2014, 573-598).

Bibliografía

- ALVAREZ, A Y PITARCH, A. (2012): «Local stone on the roman Bridge of Martorell (Barcelona, Spain)». En Gutiérrez, A., Lapuente, P. y Rodá, I. eds. *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone*. Proceedings of the IX ASMOSIA Conferene. Tarragona 2009. Tarragona, 511-517.
- ARENILLAS, M. ; CASTILLO, J. C. ; HEREZA I., PINTOR, M. C. ; DÍAZ GUERRA, C. y CORTÉS, R. (2005): «La presa romana de Muel en el Río Huerva (Zaragoza)». *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la construcción, Cádiz*, 61-66.
- BESSAC, J.C. (2003): « Nouvelles traces du chantier Romain du pont du Gard ». *Revue Archéologique de Narbonnaise (RAN)*, 36, 2003, 177-198.
- BESSAC, J.-C. VACCA-GOUTULLI, M. (2002): «La carrière romaine de L'Estel près du Pont du Gard», *Gallia* 59, 11-28.
- BESSAC, J.-C. y R. SABLAYROLLES, dir. (2002): *Les carrières antiques en Gaule, Gallia* 52, Paris.
- FATAS, G. (1964): «Notas sobre el dique romano de Muel». *Caesaraugusta*, nº 21-22, 174.
- FERDIERE, A., dir. (1999): *La construction en pierre*, Paris.
- FERRERUELA, A.; FANLO, J. PICAZO, J. (2010): *Estudio arqueológico realizado para el plan de ordenamiento urbano de Muel. Memoria depositada en el Gobierno de Aragón*. Zaragoza.
- GAILLARD, J. (2011): *L'Exploitation antique de la pierre de taille dans le bassin de la Charente*. Chauvigny.
- GUTIÉRREZ GARCÍA-MORENO, A. (2009): *Roman quarries in the Northeast of Hispania (Modern Catalonia)*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Tarragona.
- GUTIÉRREZ GARCÍA-MORENO, A. (2010): «Recursos lapídeos del noreste de la península ibérica en época romana: canteras y ciudades». *Bollettino di Archeologia online*. http://www.bollettinodiarcheologiaonline.beniculturali.it/bao_document/articoli/2_GUTIERREZ.pdf
- LAPUENTE, M.P., ROYO, H Y GUTIÉRREZ, A. (2011): «Un aspecto de la monumentalización de Los Bañales: caracterización de materiales pétreos y fuentes de aprovisionamiento». *Caesaraugusta*, 82, 2011, 261-286.
- NAVARRO, M; MAGALLÓN, M.A; URIBE, P;; BEA, M; DOMINGO, R; FANLO, J. (2014): «La presa romana de Muel (Zaragoza): ¿una obra militar?» En Navarro, M y Caidou, F. eds. *La Guerre et ses traces. Conflits et sociétés en Hispanie á l'époque de la conquête romaine (III^e-I^e siècle av. J.-C.)*. Bordeaux, 573-598.
- PIZZO, A. (2012): «Las canteras de granito de Augusta Emerita : localización y sistemas de explotación ». En Álvarez Martínez, J.M. y Mateos Cruz, P. Eds, *Actas del Congreso Internacional 1910-2010 El yacimiento emeritense*. Mérida, 365-385.
- REKALITYTE, I. ; FANLO, J. ; BEA, M. ; URIBE, P. ; MAGALLÓN, M.-A. : DOMINGO, R. y PEREZ LAMBAN, F. (2013) : «La necrópolis de Muel (Zaragoza); ¿una maqbara morisca o un camposanto cristiano? La coexistencia de dos creencias religiosas según los datos arqueológicos ». *Actas del XII Simposio Internacional de Mudejarismo*. Teruel, 615-625.
- URIBE, P. ; MAGALLÓN, M.A. ; FANLO, J. ; REKALITYTE, I. (2011) : «La presa romana de Muel (Zaragoza): Nuevas aportaciones al estudio de la hidráulica romana en el Valle del Ebro». *AQVAM PERDVCENDAM CVRAVIT. Captación, uso y administración del agua en las ciudades de la Bética y el Occidente romano* Cádiz 2009, 335-343.
- URIBE, P., ANGÁS, J., MAGALLÓN, M^a. A. Y MIRANDA J. V. (2012): «Documentación, valorización y difusión del patrimonio hidráulico romano en el Valle medio del Ebro» *Virtual Archaeology Review*, 3 nº 6, 98-112.
- URIBE, P.; MAGALLÓN, M^a. A.; FANLO, J.; ANGÁS, J. (2013): «Le Barrage de Muel (Saragosse, Espagne)» *Regards croisés d'Orient et d'occident: les barrages dans l'Antiquité tardive. Collection Orient & Méditerranée* vol. 14, Paris, 197-228.