

EL TRAVERTINO DE BANYOLES: MÚLTIPLE INTERÉS PATRIMONIAL

THE TRAVERTINE OF BANYOLES: MULTIPLE HERITAGE INTEREST

P. Alfonso, D. Parcerisa, A. Sarri, J. M. Mata-Perelló,
Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de Catalunya,
Av. de les Bases de Manresa 61-73, 08242 Manresa
E-mails: pura@emrn.upc.edu, dparcerisa@emrn.upc.edu, mata@emrn.upc.edu,
andrea_s1987@hotmail.com

RESUMEN

Los travertinos de Banyoles tienen gran importancia ya que aportan información en estudios científicos de diversas ramas. También constituyen un importante recurso como roca ornamental. En este estudio se ha realizado un reconocimiento de los diferentes afloramientos de estos travertinos, se ha estudiado su petrografía y principales propiedades hídricas y mecánicas con el objeto de conocer mejor su abundancia y distribución y así contribuir a un aprovechamiento racional de los mismos.

Petrográficamente están formados por calcita micrítica a esparítica con elevada porosidad. Algunos muestran características detríticas y corresponden a un grainstone con granos oncolíticos, con porcentajes variables de fragmentos no carbonáticos extra-cuencales. En otros casos no aparecen texturas granulares, estando formados por crecimientos oncolíticos con porosidad en parte debida a la presencia de moldes de hojas, ramas y gasterópodos. La porosidad puede estar parcialmente rellena de cemento de calcita. A menudo muestran un bandeo centimétrico.

Se han diferenciado principalmente dos tipos de travertinos, uno de ellos, representado por los afloramientos del Llano de Mata, es claro y presenta un marcado bandeo. La otra tipología corresponde a los afloramientos de la antigua explotación de Les Estunes, es gris y está poco bandeada. Los primeros presentan un coeficiente de absorción muy elevado, mientras que en los segundos la absorción es más reducida. La resistencia a la compresión y a la flexión también es mayor en los travertinos de Les Estunes.

Como esta roca tiene interés para múltiples usos (comercial, cultural) es necesario un plan que optimice y potencie al máximo su aprovechamiento.

PALABRAS CLAVE: travertinos, Banyoles, roca ornamental, coeficiente de absorción, resistencia mecánica.

ABSTRACT

Travertines of Banyoles are very important because they provide information about different subjects of scientific studies. They are also an important resource as ornamental rock. This study consists of recognition of the different outcrops of these travertines. Their petrography and major hydraulic and mechanical properties were studied in order to a better understanding of their distribution and abundance and thus contributing to a rational use of them.

These travertines are made up by micritic to esparitic calcite with a high porosity content. Some samples correspond to an oncolytic grainstone with variable percentages of extrabasinal carbonatic fragments. In other cases granular texture does not appear, and travertines are formed by oncolytic growth with high porosity, showing patterns of leaves, branches and gastropods. The porosity can be partially filled by calcite cement. They often show centimeter-sized banding.

Two types of travertine have mainly been differentiated, the first one, represented by outcrops in the Mata Plain are clear and show a marked banding, the other one, represented by outcrops of the old quarry of Les Estunes, are grey and little banded. The former have a very high coefficient of absorption, while in the second case the absorption is smaller. The compressive strength and flexural strength is also higher in the travertines of Les Estunes.

As this rock has interest for many applications (commercial, cultural) it is necessary a plan to optimize and maximize its use.

KEY WORDS: travertines, Banyoles, ornamental rock, absorption coefficient, mechanical strength.

INTRODUCCIÓN

El área de Banyoles (Girona) es un espacio natural de gran interés, se encuentra alrededor del lago más grande de Catalunya, en el cual se están generando actualmente travertinos. Actualmente esta zona forma parte del Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN) de la Generalitat de Catalunya. Además el lugar cuenta con gran cantidad de especies de flora y fauna protegidas.

Las aguas de la Cuenca del lago de Banyoles son ricas en carbonatos y calcio, que precipitan y forman edificaciones calcáreas, o travertinos, en el interior de lago. La ciudad de Banyoles está situada sobre una capa de 1 a 3 m de espesor de travertinos. El travertino, que en este caso también se denomina “Pedra de Banyoles”, desde antiguo se ha utilizado para la construcción, pudiéndose encontrar en gran cantidad de edificaciones en el barrio antiguo, el pavimento de este barrio, la iglesia de Santa Maria de Porqueres y las acequias que eran utilizadas para regar los huertos de la zona y que aún se conservan hoy en día.

Los travertinos consisten en rocas de gran interés desde el punto de vista del patrimonio geológico. A menudo cuentan con gran diversidad de fósiles y estructuras sedimentarias de gran belleza. En la comarca del Pla de l’Estany abundan este tipo de rocas, las cuales son actualmente explotadas. En este sentido se produce un caso peculiar de explotación. Existen antiguas canteras que se conservan hoy en día pero que ya no son explotadas. La principal fuente de explotación de los travertinos del Pla de l’Estany consiste en el aprovechamiento de los travertinos que son extraídos para la realización de obras subterráneas o cimentación de edificios (Fig. 1). Últimamente, con las nuevas tecnologías en el tratamiento de piedras también se puede utilizar como arcos, molduras, columnas, detalles y otros elementos de diferentes formas. Esta piedra travertínica formada por carbonato cálcico suele ser blanquecina y con una textura rugosa, aunque también la podemos encontrar en tonalidades más oscuras y texturas más lisas. Para que esta piedra no se oscurezca y mantenga su color y porque el polvo y la humedad no se introduzcan en sus poros se aplica una capa de silicona incolora en la superficie. El travertino se ha utilizado como roca ornamental en el alicatado de la nueva terminal del Aeropuerto del Prat. Actualmente hay varias empresas que explotan la Piedra Natural de Banyoles, aprovechando las construcciones de edificación realizadas en las zonas del Llano de Mata (Banyoles).

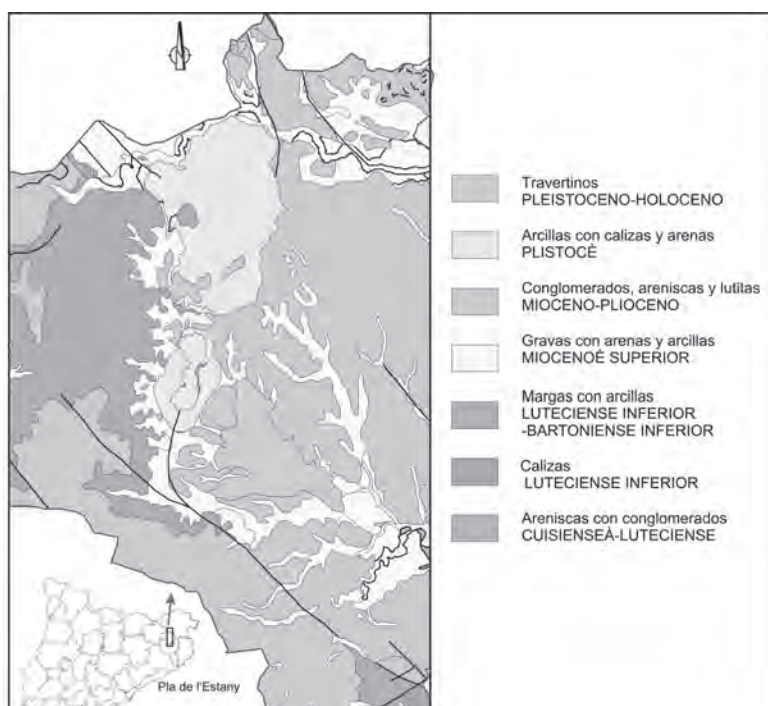


Figura 1. Situación dentro de Cataluña y mapa geológico del área de estudio (modificado de Coma et al., 1987; IGME, 1983, 1988a, 1988b, 1994).

Figure 1. Location in Catalonia and geological map of the study area (modified from Coma et al., 1987; IGME, 1983, 1988a, 1988b, 1994).

El estudio de los travertinos tiene gran interés en el desarrollo de la palinología, ciencia de gran importancia, por ejemplo, para la realización de los estudios paleoclimáticos (Pérez Obiol y Julià, 1994; Burjachs, 2006). También destaca la gran aportación que estas rocas dan a otras ramas de la ciencia como la antropología. Ha sido en el travertino de Banyoles donde se ha encontrado una mandíbula humana, estudiada desde comienzos del siglo XX (Lumley et al., 1982).

También es de interés en sedimentología, ya que la formación de travertino forma parte de los procesos de sedimentación actuales en cuencas lacustres y permite adquirir conocimientos extrapolables a acumulaciones sedimentarias fósiles. Las bacterias ligadas al ciclo del carbono originan la formación de travertinos, formados por la precipitación de carbonato cálcico a partir de aguas bicarbonatadas gracias a la acción de procesos fotosintéticos y fisicoquímicos. La extensión de los travertinos nos indica la evolución del sistema lacustre, antiguamente más extenso que el actual.

Actualmente existen diversos recorridos didácticos por el área de banyotes que tratan parcialmente la observación y estudio de los travertinos, aunque en otros itinerarios didácticos de esta zona únicamente se contemplan en detalle la flora y fauna del lugar, olvidando una vez más las rocas que nos rodean, aunque, como en este caso, nos “hablen” de gran cantidad de sucesos acontecidos en nuestro planeta.

En el presente estudio se han seleccionado y muestreado afloramientos representativos de todos los travertinos del Pla de l’Estany para su ulterior caracterización petrográfica y mediante diferentes ensayos de absorción y resistencia.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Desde un punto de vista geológico, el Pla de l’Estany, o depresión de Banyoles, es una zona hundida en la parte central de Girona con un límite fronterizo con dos unidades de terreno diferentes, la Cordillera Transversal y la depresión del Empordà. Esta depresión constituye una zona llana orientada de noroeste a sureste disminuyendo su cota de 175-180 m a 70-75 en la zona de Sant Andreu del Terri, y el llano de Usall, donde anteriormente había gran cantidad de estanques, de los cuales apenas queda alguno.

El área de estudio está constituida por materiales mayoritariamente cuaternarios y terciarios desde el Cuisiense hasta el Holoceno (Fig. 2). Los materiales más antiguos corresponden a escasos afloramientos de calizas del Cuisiense situados al extremo sur de comarca del Pla de l’Estany.

Los conglomerados heterométricos rojos con intercalaciones de materiales volcánicos corresponden a las facies aluviales del lado occidental de la depresión neógena del Empordà y afloran al este del llano de Usall. Las margas azules del Eoceno conforman las depresiones de Mieres, Sant Miquel de Campmajor y de la parte occidental de la depresión de Banyoles, así como los relieves meridionales sobre las calizas de la Fm. Travertet, adquiriendo cerca de Banyoles la máxima potencia, entre 400 y 500 m. Los afloramientos de la mitad septentrional del área de estudio están formados por margas azules bastante arcillosas, sin fauna y con algunos horizontes de yeso. Encima de la Fm. Folgueroles se desarrollan facies arenosas y microconglomeráticas, con secuencias granocrecientes, que tienen su máxima expresión en las sierras del Corb y Finestres así como el alto del Rocacorba. En las carreteras cercanas a Banyoles se hallan arcillas y margas azules fosilíferas que se desarrollan sobre las calizas nummulíticas.

La falla N-S que separa el área de Banyoles de las elevaciones de la Garrotxa corta un diapiro que contiene yesos con un espesor de hasta 200 m (Vidal-Pardal, 1960; Bech Borrás, 1970). Estos yesos han sufrido un fuerte proceso de karstificación por las aguas subterráneas procedentes de la Garrotxa. Como consecuencia, se ha producido una disolución de estos yesos y hundimientos del karst que ha configurado las líneas generales de la cuenca lacustre (Bech Borrás, 1970).

En el Pleistoceno se encuentran diferentes materiales carbonatados como las calizas del llano de Usall, con este término se denominan las calizas palustres que forman la base litológica del relieve conocido como “llano de Usall”. Se trata de calizas detríticas, vermiformes, karstificadas en su parte superior, y que presentan en afloramientos espesores de 8 a 10 m. Su espesor máximo llega a los 40 m. (Julià, 1980). Estratigráficamente se sitúan sobre las facies lacustres y su base es transicional desde arcillosas orgánicas con turba en la parte occidental del llano a facies arcillosas y limosas azules en la parte oriental del mismo. El llano de Usall se sitúa unos 50-60 m por encima del nivel actual del lago de Banyoles.

Pobre en fósiles, aunque puede haber muchos gasterópodos. También se encuentran arcillas y arcillas limoníticas rojas del llano de Usall situado al noreste del lago de Banyoles y desarrollado sobre las calizas travertínicas de la Fm. Usall, se encuentra recubierto por materiales terrígenos superficiales que van desde suelos rojos y arcillas hasta limos y gravas procedentes de los glaciares circundantes.

Por encima se hallan los materiales predominantes en esta comarca, que corresponden a conglomerados, areniscas. Lutitas y margas con arcillas. Seguidamente se encuentran las acumulaciones de travertinos, muy extendidos en el subsuelo que conforma la depresión de Banyoles, los cuales se forman gracias a la existencia de manantiales de aguas carbonatadas.

En la zona se encuentran diferentes formaciones de travertinos como la Terraza travertínica de Serinyà que aflora en el cuello del río Sert, en el extremo noroccidental del llano de Usall, estando topográficamente unos 20 m por debajo de la superficie superior de las calizas de la Fm. Usall (Julià, 1980). Las facies



Figura 2. Imágenes del área de Mata, al sur de Banyoles. a) Explotación de travertino aprovechando la construcción de la cimentación de una edificación. b) Orificio dejado por una constructora a partir del que se han explotado los travertinos, de alrededor de 2m de potencia que cubrían el área.

Figure 2. Images of the Mata sector, south of Banyoles. a) Exploitation of travertine from the construction of the foundation of a building. b) hole left by a construction company from which a 2 m-thick travertine column was exploited.

de las calizas travertínicas de Serinyà presentan unas características diferentes de las calizas lacustres de Fm. Usall. Son facies travertínicas con tallos de plantas superiores que contienen algunos niveles de limos y areniscas calcáreas por ejemplo en el corte de Can Reixach en Mas Grill, donde presentan una potencia de 12 m (Julià, 1980).

Otra formación travertínica que se puede encontrar en la comarca son los travertinos de Les Estunes correspondientes a las terrazas travertínicas que sostienen el llano de Porqueres, al margen occidental del lago de Banyoles se extienden hacia el sur hasta Les Estunes y el llano de Santa Maria (Fig. 3). Estos niveles de terrazas travertínicas se sitúan entre 5 y 10 m por encima del actual nivel del lago. Estos niveles se superponen al oeste con las margas del Eoceno medio (Fm. Banyoles). En afloramiento presentan generalmente hasta 8 m de potencia, aunque en un sondeo situado entre Can Marga y la iglesia románica de Porqueres llegan a los 48 m (Vidal-Pardal, 1960).



Figura 3. Travertinos del área de les Estunes, en el sector suroeste del lago de Banyoles. a) Antigua cantera en la que se explotaban los travertinos. b) Detalle de los travertinos de este lugar.

Figure 3. Travertines from the Les Estunes quarry, located in the southwest of Banyoles Lake. a) former quarry which exploited the travertine. b) Details on the travertine of this place.

Finalmente, una de las formaciones de travertinos más importante, que actualmente es la que se está explotando para la venta de travertino como roca ornamental, es el travertino predominante detrítico del llano de Mata situado dentro del casco urbano de Banyoles, al este y sureste del actual lago de Banyoles, constituyendo la Fm. Mata. Aquí se pueden diferenciar dos subunidades litológicas diferentes (Julià, 1980): la primera de ellas

es el Miembro Formiga, formando facies travertínicas detríticas, las cuales se disponen sobre las facies travertínicas bioconstruidas del Miembro Guèmol. La fauna descrita en esta unidad (Julià 1977, 1980) incluye además la mandíbula humana de Banyoles, atribuida a un Neardental (Hernández-Pacheco y Obermaier, 1915) o un pre-Neardental (Lumley et al., 1982), lo que permite datarla como Pleisto-holocénica. Actualmente se están formando acumulaciones travertínicas especialmente al este y sur del lago de Banyoles (Coma et al., 1987).

MÉTODOS ANALITICOS

Para la realización del estudio petrográfico se han tomado muestras representativas de los diferentes afloramientos seleccionados en este estudio y se han realizado 40 láminas delgadas en los laboratorios de la Universidad Autónoma de Barcelona.

La caracterización hídrica y mecánica de muestras representativas de los diferentes afloramientos de travertinos de la comarca del Pla de l'Estany se realizó en todos los casos mediante ensayos según las normas UNE.

La determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad se ha hecho siguiendo la norma UNE-EN 12925. En ambos casos, cada muestra se analizó por sextuplicado.

El estudio de las propiedades mecánicas es muy importante para evaluar su resistencia como roca ornamental. El comportamiento de las rocas en respuesta a tensiones y esfuerzos puede producir deformaciones y roturas en las rocas dependiendo de la composición y textura. Por lo tanto, estos parámetros condicionan la durabilidad de la roca, debido a la resistencia que impone a los agentes de deterioro. Se determinaron la resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción de diferentes muestras de travertino.

El ensayo de compresión se ha realizado con unas 6 probetas de cada una de las muestras según la normativa española UNE-EN 12926. Las probetas se han cortado con sierra de diamante formando cubos de 5 cm de arista.

El ensayo de flexión se ha realizado con unas 10 probetas de cada una de las muestras según la normativa española UNE-EN 12372. El ensayo se ha realizado mediante una máquina universal INSTRON, modelo 5585-H de 250 KN de carga.

RESULTADOS

Petrografía

Los travertinos del Pla de l'Estany tienen una elevada variabilidad petrográfica. Todos ellos están formados por calcita micrítica a esparítica con un elevado índice de porosidad. En algunos casos muestran características detríticas y su aspecto es el de un Grainstone formado por un elevado porcentaje de granos oncolíticos, con envueltas algales, de tamaño de grano muy variable entre fino y microconglomerático (Fig. 3). Estas muestras pueden estar constituidas exclusivamente por granos oncolíticos (Grainstones oncolíticos) o bien puede haber un porcentaje

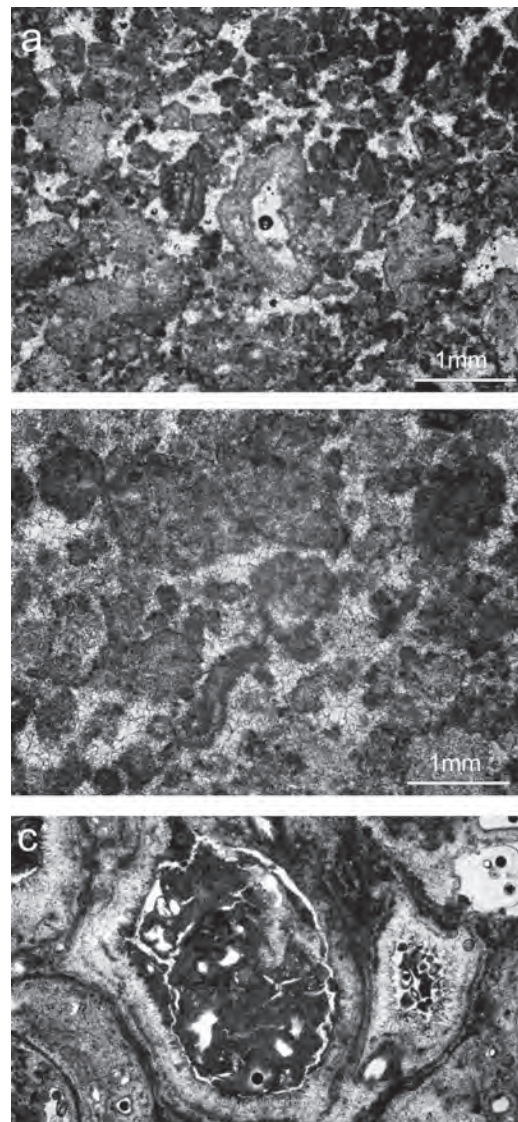


Figura 4. Microfotografías de los travertinos de Banyoles en las que se observan los principales rasgos petrográficos de estas rocas. Nícoles cruzados.

Figure 4. Photomicrographs of the Banyoles travertine; the main petrographic features of these rocks can be observed. Crossed nicols.

variable de fragmentos no carbonáticos extra-cuencales sobre todo en forma de granos de cuarzo (Grainstones oncolíticos con cuarzo). En el caso de los grainstones la cimentación se puede dar en forma de calcita esparítica intergranular o bien en forma de micrita a microsparita oncolítica con cantidades variables de óxidos de hierro.

Otras muestras no presentan texturas granulares y están constituidas exclusivamente por crecimientos oncolíticos con una elevada porosidad de tipo framework o móldica por disolución de la materia orgánica dejando moldes de hojas, ramas y gasterópodos. La porosidad puede estar parcialmente rellena por cemento de calcita microesparítica a esparítica. Este tipo de muestras son los travertinos propiamente dichos y presentan valores de porosidad mucho más elevados. A menudo, especialmente en los travertinos del llano de Mata, en muestra de mano se puede apreciar un bandeado con áreas más porosas y áreas menos porosas, este bandeado no suele verse en las láminas delgadas ya que es de orden centimétrico.

Propiedades hídricas

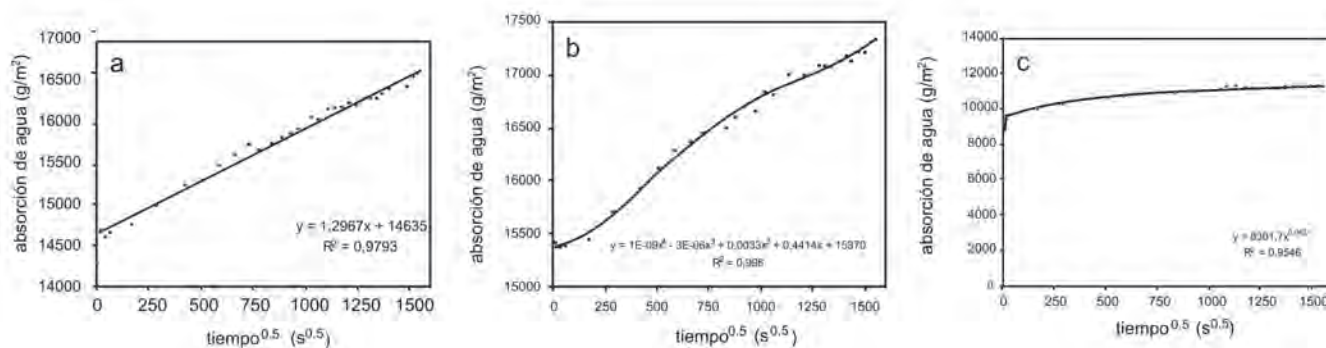


Figura 5. Variación de la absorción de agua por capilaridad en las muestras de los travertinos del área de Banyoles. a) Sector de Mata, probetas sumergidas paralelamente al bandeado; b) Sector de Mata, probetas sumergidas perpendicularmente al bandeado; c) Sector de les Estunes.

Figure 5. Variation of water absorption by capillarity in the travertine of Banyoles samples. a) Mata sector, specimens were immersed parallel to the banding, b) Mata sector, specimens were immersed perpendicular to the banded c) Samples from Les Estunes.

Como consecuencia de su elevada porosidad, los travertinos, muestran una elevada absorción de agua. Esta propiedad se ha medido visual y petrográficamente en los dos tipos de travertinos claramente diferenciados en la comarca. Unos travertinos son de tonalidades muy claras y presentan un bandeado muy acusado, los otros son más oscuros y poseen una estructura más isótropa, no presentan el bandeado tan definido. Los primeros se encuentran abundantemente en el área de Banyoles y Mata y los segundos en la antigua explotación de Les Estunes. Los valores de absorción de agua a presión atmosférica y de los coeficientes de absorción de agua por capilaridad se han determinado para estas dos tipologías, en la primera las medidas se han hecho siguiendo las diferentes orientaciones espaciales del bandeado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1 y Figura 5. En la Figura 5 se puede observar como los travertinos bandeados presentan unos valores de absorción de agua muy elevados con unos coeficientes que aumentan considerablemente con el tiempo. En cambio, los travertinos de Les Estunes, muestran una fuerte absorción de agua al ser puestos en contacto con el agua pero rápidamente llegan a la saturación. Por lo tanto, de este ensayo se deduce que aunque los travertinos de Les Estunes quizás sean menos vistosos sus propiedades hídricas auguran una durabilidad considerablemente mayor que los del sector de Mata.

Muestra	C ₁	Tiempo (minutos)	C ₂	Tiempo (horas)	C ₃	Tiempo (días)
Mata- 1	847,1	5	0,6	8	1,4	28
Mata -2	888,4	5	3,1	8	1,2	29
Les Estunes	554,1	5	3,8	1	0,9	30

Tabla 1. Valores de los coeficientes de absorción por capilaridad de los travertinos estudiados. Mata 1, probetas colocadas sobre el agua paralelamente al bandeado; Mata 2, probetas colocadas sobre el agua perpendicularmente al bandeado.

Table 1. Values of the coefficients of absorption by capillarity of the studied travertines. Mata 1, samples submerged in water parallel to the banding, Mata 2, samples submerged in water perpendicularly to the banding.

Resistencia a la compresión

Los valores de la resistencia a la compresión también son considerablemente diferentes en las dos tipologías de travertinos consideradas. En ambas muestras la resistencia a la compresión es mucho más grande cuando los esfuerzos se aplican paralelamente al bandeado, es decir, con una disposición de la probeta con el bandeado en dirección vertical. Los travertinos de Les Estunes presentan una resistencia a la compresión entre 8,7 y 14 Mpa. Esta es considerablemente más elevada que para los travertinos de Mata, donde se obtuvieron valores de 1-3 y 2-8 Mpa, según la posición de las probetas se halle perpendicular o paralelamente a los esfuerzos, respectivamente. Este comportamiento era de esperar debido a la homogeneidad mucho más elevada y menor cantidad de discontinuidades en los travertinos de Les Estunes.

Los travertinos presentados en los catálogos comerciales presentan unos valores de resistencia a la compresión más elevados que los del presente estudio, posiblemente por la aplicación de algunos productos sintéticos o por la selección de áreas favorables.

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión se ha determinado en los travertinos de Banyoles teniendo en cuenta su disposición respecto a los esfuerzos y agrupando las muestras según su porosidad. Esta resistencia es mayor si las probetas se sitúan paralelamente a los esfuerzos, obteniéndose resultados muy diversos, entre 1,5 y 5,5 Mpa. En este caso, si se produce una coincidencia con los valores comerciales presentados por las distintas empresas explotadoras de estos materiales.

CONCLUSIONES

Los travertinos del Pla de l'Estany, o Pedra de Banyoles, tienen gran interés tanto desde el punto de vista comercial como cultural, didáctico y científico.

Esto hace que su explotación esté muy controlada y que se aproveche este recurso al máximo. Se ha visto en las explotaciones de la comarca que el valor de estos travertinos es muy elevado, ya que se explotan bloques incluso de dimensiones muy reducidas que en otro tipo de roca ornamental se descartarían, como por ejemplo el extraído en las perforaciones subterráneas, como para la cimentación de edificios. Por lo tanto, y dado su interés comercial, es de gran importancia conocer este recurso tanto desde un punto de vista de sus reservas como de sus propiedades.

Se deben realizar estudios exhaustivos de este recurso con el fin de programar óptimamente su explotación y preservarlo en áreas que lo requieran.

Los travertinos comercialmente conocidos como "Pedra de Banyoles" presentan diferentes variedades a lo largo de la comarca del Pla de l'Estany. Unas variedades son más blancas y bandadas por lo que son más apreciadas desde un punto de vista estético. Otras variedades son más grises y poco bandadas, por lo que no son tan apreciadas estéticamente pero se ha demostrado que estas presentan una absorción de agua menor y una resistencia al esfuerzo más grande que le infieren una durabilidad mayor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo de la Subdirección General de Minas de la Generalitat de Catalunya.

REFERENCIAS

- Bech Borrás, J. 1970. Génesis de los travertinos lacustres: el caso de Banyoles. *Revista de geografia*, 4 (2), 141-158.
- Burjachs, F. 2006. Palinología y restitución paleoecológica. *Ecosistemas*, 15 (1), 7-16.
- Coma, M.V., Oromi, O. y Abella, C.A. 1987. Cartografia dels travertins en formacio de l'estany de Banyoles. *Sczientia Gerundensis*, 13, 65-74.
- Hernández-Pacheco, E. y Oberrmaier, H. 1915. La mandíbula neandertaloide de Bañolas. *Junta Ampl. Est. e Invest. Cient., Com. Invest. Paleont. Prehist.* 6 (serie paleontológica 2), 44 p.
- Julià, R. 1977. Nuevos datos sobre la posición cronoestratigráfica de los materiales cuaternarios de la cuenca lacustre de Banyoles-Besalú (Girona). *Acta Geol. Hisp.* XII, 1/3, 55-59.
- Julià, R. 1980. La conca lacustre de Banyoles-Besalú. *Centre d'Estudis comarcals de Banyoles, Banyoles*, 187 pp.
- IGME 1983. Mapa geológico de España 1:50.000 n° 296 "Torroella de Montgrí". Madrid.
- IGME 1988a. Mapa geológico de España 1:50.000 n° 257 "Olot".
- IGME 1983b. Mapa geológico de España 1:50.000 n° 297 "L'Estartit". Madrid.
- IGME 1994. Mapa geológico de España 1:50.000 n° 295 "Banyoles". Madrid.
- Lumley M.A., Lumley, H. y Fournier, A. 1982. Les mandibules de l'Arago et leur comparaison avec des autres mandibules anténéandertaliennes. *Centre d'Investigacions Arqueològiques*, 13, Girona, 147-164.
- Pérez Obiol, R. y Julià, R. 1994. Climatic Change on the Iberian Peninsula Recorded in a 30,000-Yr Pollen Record from Lake Banyoles. *Quaternary Research* 41, 91-98.
- UNE-EN 125:1999. 1999. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad. AENOR (Eds.), Madrid, p13.
- UNE-EN 126:1999. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión.
- UNE-EN 12372:1999. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la flexión bajo carga concentrada.
- Vidal-Pardal, M. 1960. La alimentación subterránea del lago de Bañolas y algunos datos sobre los depósitos lacustres de sus inmediaciones, *Min. Obr. Públ. Bol.* 7, Servicio Geológico Informe. y Estudio, 23-40.