

Marmora Hispana:
Explotación y uso
de los materiales pétreos
en la Hispania Romana

Trinidad Nogales
José Beltrán
Editores

ÍNDICE

Presentación

- 13** PATRIZIO PENSABENE: I marmi di Roma allo stato attuale della ricerca.
- 57** MARIA ELISA MICHELI: *Luxuria*: arredi in marmo pentelico nella Roma tardo-repubblicana. Una selezione di forme e di temi.
- 75** MARILDA DE NUCCIO: Un rilievo con menade dall'area del Teatro di Marcello.
- 101** AURELI ÁLVAREZ, ROSARIO CEBRIÁN, ISABEL RODÀ: El mármol de Almadén de la Plata y los *marmora* importados del foro de *Segobriga*.
- 119** BEGOÑA SOLER HUERTAS: Los *marmora* de la *Tarraconense* y su difusión en *Carthago Nova*. Balance y perspectivas.
- 165** ANNA GUTIÉRREZ GARCIA-MORENO: Canteras del noreste de *Hispania* (actual Cataluña): propuesta de cronología y consideraciones generales.
- 195** VIRGINIA GARCÍA-ENTERO, MARÍA DEL MAR SALÁN ASENSIO, SERGIO VIDAL ÁLVAREZ: El *marmor* en el yacimiento de Carranque (Toledo). Algunas consideraciones sobre las marcas de herramientas.
- 211** FERNANDO AMORES CARREDANO, JOSÉ BELTRÁN FORTES, DANIEL GONZÁLEZ ACUÑA: *Marmora* de *Hispalis*. Estudio de los materiales pétreos recuperados en las excavaciones arqueológicas de “La Encarnación” (Sevilla).
- 299** OLIVA RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ: Los *marmora* en el programa arquitectónico y decorativo del Teatro Romano de Itálica: antiguas hipótesis, nuevas propuestas y posibles certezas a la luz de las aportaciones de los análisis de microscopía óptica de polarización.
- 259** JOSÉ BELTRÁN FORTES, MANUEL CORRALES AGUILAR, LUÍS EFRÉN FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ: *Marmora* del teatro romano de *Malaca* (Málaga)
- 283** THOMAS G. SCHATTNER Y GOBAIN OVEJERO ZAPPINO: Mármol en Munigua.
- 309** JOSÉ BELTRÁN FORTES, MARÍA LUISA LOZA AZUAGA: La explotación romana del mármol de la “Sierra de Mijas” (Málaga). Un estado de la cuestión.
- 335** JUAN AURELIO PÉREZ MACÍAS: *Lapidinae ad Metalla*.

- 361** ESTHER ONTIVEROS ORTEGA: Análisis petrográfico de los mármoles de la cantera de la Loma de los Castillejos y su aportación al estudio arqueométrico de las canteras romanas de Almadén de la Plata.
- 373** SALVADOR DOMÍNGUEZ BELLA: Huellas de cantería romana de mármol en Almadén de la Plata (Sevilla), un patrimonio a conservar.
- 387** CARLOS FABIÃO, THOMAS G. SCHATTNER, AMÍLCAR GUERRA: Las explotaciones marmóreas en *Lusitania* como factor económico e ideológico. El ejemplo del Santuario de Endovélico.
- 403** TRINIDAD NOGALES BASARRATE, LUIS JORGE GONÇALVES, PILAR LAPUENTE: Talleres escultóricos en *Lusitania* y materiales marmóreos: perspectivas y problemas.
- VÍCTOR LAMBERTO Y PAULO SÁ CAETANO: Marble stones from *Lusitania*: the quarries of the Estremoz Anticline.
- IRENE MAÑAS ROMERO, ARIANNA FUSCO: Canteras de *Lusitania*. Un análisis arqueológico.
- CATARINA COELHO: Colaride: a Roman quarry at the *Municipium Olisiponensis*.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LOS MÁRMOLES DE LA CANTERA DE
LA LOMA DE LOS CASTILLEJOS Y SU APORTACION AL ESTUDIO
ARQUEOMETRICO DE LAS CANTERAS ROMANAS
DE ALMADÉN DE LA PLATA

Esther Ontiveros Ortega

Resumen

El estudio arqueológico del proceso de marmorización urbana de las ciudades de la Bética, en los sectores occidental y meridional, pasa por un análisis geológico de los mármoles de Almadén de la Plata. La incidencia que tuvo en el pasado el uso de este material, se traduce en una amplia distribución de canteras de explotación romana en esta área de la península Ibérica. La correlación entre los materiales encontrados en elementos arquitectónicos, escultóricos y soportes epigráficos y las canteras originarias resultan de gran interés para las investigaciones de tipo arqueométrico.

El presente artículo, muestra un avance del estudio, que se está realizando sobre estos materiales, dentro del proyecto de investigación *Arqueología de las Ciudades Romanas de las Béticas. El uso de la marmora en los procesos de monumentalización urbana. Antecedentes, adaptación y desarrollo.*

Introducción

El área de estudio se localiza en la zona denominada Loma de los Castillejos (Almadén de la Plata, Fig. 1). El cerro viene definido por unas calizas marmóreas de edad Cámbrico Medio que cabalgan, por una parte, sobre unos conglomerados del Carbonífero Superior y areniscas-margas del Pérmico, y por otra, sobre unas pizarras del Siluriano Superior. Estos materiales presentan intercalaciones arcillosas y enriquecimientos ferruginosos, entre otros, lo que le confieren a estos mármoles una gran variedad de colores (azulados, rosáceos y blancos con intercalaciones de bandas grisáceas o rosáceas) que han sido muy codiciados por el hombre desde antiguo.

La zona, de difícil acceso, aún conserva columnas, sillares abandonados y frentes de cantera; que nos permite observar, aun en nuestros días, las huellas y técnicas empleadas por estos canteros, así como la importancia de este cerro y la calidad de su mármol.

El objetivo de este trabajo se ha centrado en el estudio textural-mineralógico de estos mármoles. La microscopía petrográfica, resulta una herramienta útil para la identificación de las distintas variedades texturales que podemos encontrar en esta cantera

Emplazamiento Geológico

La historia geológica del entorno de Almadén es muy compleja, como lo es la de todo el Macizo Ibérico. Los mármoles objeto de nuestro estudio se encuentran emplazados en el dominio geológico de Ossa-Morena (ZOM). Este área está limitada geológicamente, al Norte por la banda cizalla Badajoz-Córdoba y al Sur por una zona de sutura dirección E-O, denominada zona de cizalla Suriberica. Esta unidad geológica esta constituida por materiales fundamentalmente del Cámbrico y Ordovícico (Sánchez Jiménez, 2002) (Fig. 1).

La investigación de carácter petrológico, geocronológico realizada en los últimos años sobre esta zona, ha puesto de manifiesto la presencia de episodios atribuibles a la orogenia Caledoniana, donde se registran deformaciones, magmatismo y metamorfismo, anterior al Cámbrico, de notable intensidad. Las rocas sedimentarias identificadas, correspondientes a la “*serie negra*” y conjunto *vulcano-sedimentario de naturaleza ácida y básica*, atribuibles al Proterozoico Terminal o incluso paleozoico Inferior (Precámbrico). Afloran en una estructura antiforme y bajo unas unidades sedimentarias del Cámbrico; sometidos a dos fases de deformación, el metamorfismo regional es de baja presión con reducción hacia niveles más altos.

En un contexto más amplio, los macizos pre-mesozoicos europeos a los que pertenece el macizo Ibérico, registran en algunos casos los efectos, unas veces superpuestos y otros transpuestos de los procesos de amalgamación y engrosamiento continental, formando parte del borde meridional de Gondwana. Este macizo junto al macizo de Bohemia, Armónica y Cedeña, entre otros, habrían formado el microcontinente Armónica, afectado durante el Proterozoico Superior y Paleozoico Inferior por la

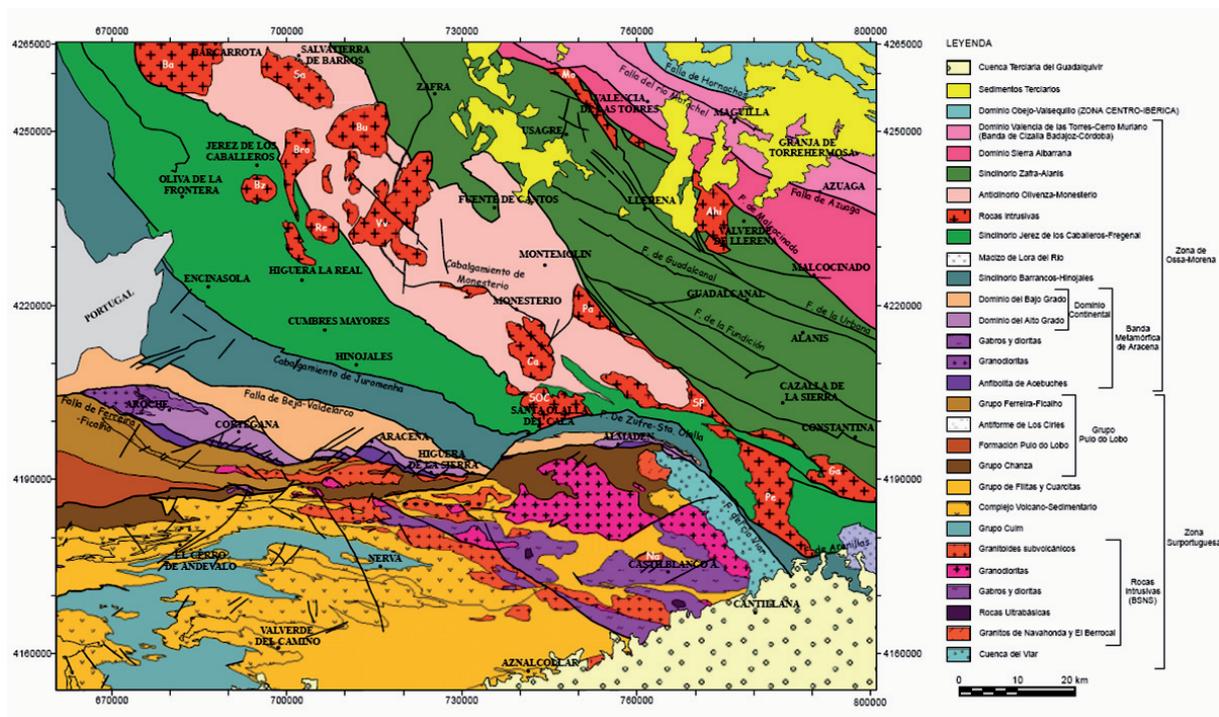


Fig. 1. Mapa geológico del suroeste de la Península Ibérica (Nievas Sánchez Jiménez, 2002).

denominada orogenia Caledoniana. Como consecuencia de esto, durante el Paleozoico Inferior y debido a movimientos distensivos se formó una cuenca oceánica (proceso rifting) que generó una plataforma Cámbrica carbonatada con intercalaciones volcánicas (material sedimentario originario de estos mármoles, protolito) en el dominio meridional, mientras la zona septentrional permaneció emergida.

La orogenia caledoniana se manifiesta como un episodio de deformación regional dúctil acompañado de metamorfismo de grado alto y altas presiones que lleva a la formación de una cuna orogénica en un contexto tectónico de subducción-colisión.

La existencia de un metamorfismo Precámbrico se ha podido observar en dos áreas:

- Zona cizalla Badajoz-Córdoba, con metamorfismo de alto grado y anatexia y posteriormente un metamorfismo por emplazamiento de granitos.
- Zona de Olivenza-Monasterio, construido por rocas del precámbrico superior metamorfizadas por un domo térmico, donde se observa una gradación que va de esquistos verdes hasta anfibolitas, (Quesada *et al*, 1994).

La reactividad que tuvo lugar en la orogenia herciniana (devonico-carbonífero), debida a un régimen tectónico transcurrerte, asociado a un metamorfismo regional de grado bajo, fueron los responsables de la estructura final de esta unidad geológica (ZOM). Nuestra área de estudio emplazada en esta área, se

encuentra encuadrada en el dominio geológico “*banda metamórfica de Aracena (DBMA)*”, se trata de una banda de metamorfismo de alta temperatura y baja presión (Abalos, B.; Eguiluz, L., 1994).

Estos materiales, siguiendo la clasificación de Castro *et al*, 1999, se dividen en dos dominios principales:

1. Dominio oceánico, constituidas por metabasitas derivadas de metamorfismo de corteza oceánica (*metabasitas de acebuches*) y el grupo *Polu do lobo*; que se interpreta como sedimentos terrígenos, serpentinitas y metabasitas de afinidad oceánica cabalgando sobre corteza oceánica.
2. Dominio continental (zona meridional), caracterizado por rocas metamórficas de alto grado de diversa naturaleza, subdivididas en dos series atendiendo a criterios litológicos y estructurales. Una serie aluminica compuesta por gneiss y migmatitas de origen pelítico; y otra serie calcomagnesica formada por gneiss leucocráticos, rocas de silicatos cálcicos, anfibolitas y mármoles. La secuencia calcomagnesiana pudo tener un origen vulcano-sedimentario, ligado a una zona de rifting continental durante el Cámbrico-Silurico.

Los mármoles, objeto de nuestro estudio aparecen en el muro de la serie calcomagnesica, son ricos en dolomita con impurezas de minerales calcomagnesianos (accesorios). Estos mármoles contienen además calcita, cuarzo, diopsido, plagioclasa y olivino, entre otros, lo que indica que han sido sometidos a un metamorfismo de facies de anfibolitas.

A nivel macroscópico, estos mármoles presentan una estratificación original y foliación más antigua, que definen un bandeo composicional con intercalaciones de silicatos cálcicos y anfibolitas. El hecho de que esta foliación metamórfica sea paralela a la estratificación original indica la gran deformación que generó esta estructura. La ausencia de foliación anterior a esta se explica por la facilidad de recristalización que presenta la dolomita y calcita, incluso en condiciones de bajo grado.

Los niveles de silicatos cálcicos y anfibolitas que aparecen intercalados en los mármoles desarrollan una estructura denominada de *bouding*, generada en la segunda fase de deformación, por estiramiento paralelo a la foliación original (por aplastamiento o extensión uniaxial). Entre estas estructuras el mármol desarrolla texturas granoblásticas en condiciones de recristalización dinámica y es frecuente encontrar estructuras en *tableta de chocolate* por la superposición de dos fases deformacionales (Díaz Azpiroz *et al*, 2002).

Estas rocas presentan brechas de materiales silíceo cálcicos (con foliación milonítica) rodeados de una matriz de mármol, que revelan un metamorfismo de alta temperatura e importante deformación, donde los mármoles han tenido un comportamiento más dúctil. Esto hizo que los granos carbonatados fluyeran alrededor de las bandas de rocas silíceo-cálcicas y anfibolita, rotando hasta hacerse paralelas a la foliación metamórfica.

En una tercera fase, tanto la estratificación como la foliación de los mármoles se vio afectada por pliegues abiertos (alta temperatura) y finalmente en una cuarta fase se desarrollan brechas tectónicas generadas en condiciones de cizalla dúctil en ambiente de metamorfismo medio a alto, que dio lugar a



Fig. 1. Cerro Loma de los Castillejos



Fig. 2. Columna abandonada localizada en la cantera (muestras ALDC-6 y 7).



Fig. 3. Mármol rosáceo localizado próximo a la cantera (muestras ALDC-3).



Fig. 4. Detalle de frente de cantera romano (muestras ALD-8).

la milonitización dúctil de todo el conjunto, haciendo que los niveles de rocas de silicatos cálcicos se movieran como enclaves en una matriz dúctil de carbonatos ((Díaz Aspiroz *et al*, 2002).

Material y Método

La inspección visual llevada a cabo sobre la zona ha permitido diferenciar tres variedades de mármol.

1. Tipo 1. Mármol de tonalidades grisáceas y composición dolomítica, alternando con bandas blancas de composición calcítica y textura gruesa-media.
2. Tipo 2. Mármol rosáceo de textura fina, menos cristalino, de aspecto brechoide.
3. Tipo 3. Mármol blanco, calcítico, muy cristalino, con vetas rosadas rellenas de granos de cuarzo que se distribuyen de forma irregular.

La descripción de las muestras estudiadas se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación, descripción y localización.

MUESTRAS	LOCALIZACIÓN	IDENTIFICACIÓN
ALDC-1	N: 37°/51'1312'' W: 005°/58'052''	Muestra tomada de una <i>columna abandonada</i> . Mármol <i>blanco con gran desarrollo de vetas grisáceas</i> de textura grosera. (Fig. 2). Desarrollo de bandeado. TIPO 1
ALDC-2	-	Muestra tomada en el <i>cerro</i> en un punto próximo a la columna. <i>Mármol grisáceo, similar al anterior</i> .
ALDC-3	-	Muestra tomada en la <i>cantera</i> de <i>coloración rosa y textura más fina</i> (Fig. 3). TIPO 2
ALDC-4	-	Muestra tomada en un <i>peñasco</i> próximo a la cantera. Mármol de textura grosera y color blanco con escasas vetas rosas. Textura cristalina de tamaño grueso a medio. TIPO 3
ALDC-5	N: 37° 51'140'' W: 055° 58'096''	Muestra tomada en el <i>afloramiento</i> de color grisáceo, aspecto heterogéneo y grano de medio a grueso. TIPO 1
ALDC-6	N:37° 51' 125'' W:005° 58'012''	Muestra extraída en la zona superior de un <i>sillar abandonado</i> de coloración blanca con vetas rosas. TIPO 3
ALDC-7	N:37° 51' 125'' W:005° 58'012''	Muestra extraída en la zona superior de sillar anterior del mismo aspecto descrito en la muestra anterior.
ALDC-8		Muestra tomada en el <i>frente de cantera</i> de color blanco con vetas y tamaño de grano de grueso a medio (Fig. 4). TIPO 3

Las técnicas de estudio utilizadas en este trabajo han sido la difracción de RX y la microscopía óptica de luz transmitida. El estudio mineralógico y textural a través de estas técnicas resulta básico en una primera fase identificativa.

Observaciones Petrográficas

A visu se han podido distinguir 3 variedades: mármol blanco, rosáceo y gris, la composición es calcítica y dolomítica. La textura microscópica global es muy heterogénea (granoblástica inequigranular-blastomilonítica) con desarrollo de cristales de tamaño entorno 2 mm muy maclados y deformados de composición calcítica. En contacto se observan cristales dolomíticos, formados en una fase posterior por recristalización y reemplazamiento, de tamaño entorno a 0,1 mm, (postcinemáticos) (Fig. 5). A escala microscopía la roca pasa de presentar una textura granoblástica de tamaño de grano de grueso a medio, a zonas donde la roca es prácticamente una matriz de grano muy fino. Se observan inclusiones de minerales alterados en la fase programa, de plagioclasas, piroxenos u olivinos transformados a talco y serpentina (Fig. 6) y sobre todo cristales de cuarzo dispersos o rellenando fisuras, responsables de la tonalidades rosáceas observadas en algunos afloramientos marmóreos

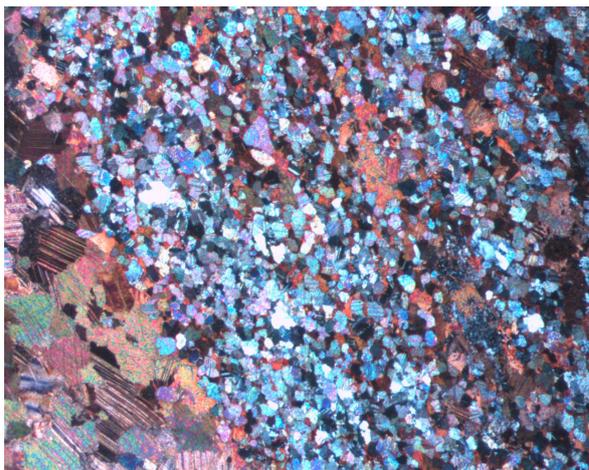


Fig. 5. (Aumentos 2.5x). Microtextura granoblástica con dos tamaños de grano predominantes. Se observa reemplazamiento de la calcita, por dolomita, en fases metamórficas diferentes. Muestra ALD-5. TIPO 1

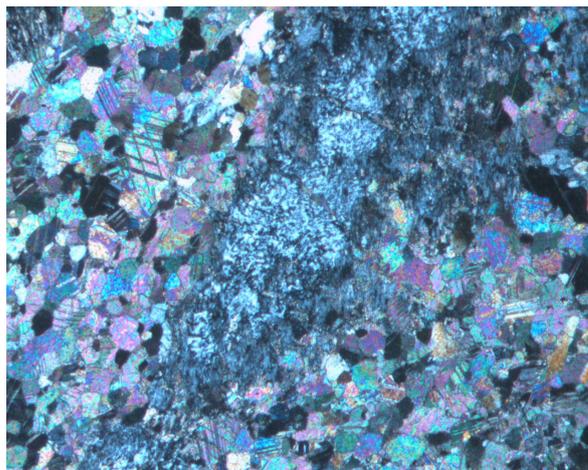


Fig. 6. (Aumentos 2.5x). Presencia de zonas ricas en serpentina debido a alteración de silicatos durante la fase progradada. Muestra ALD-5.

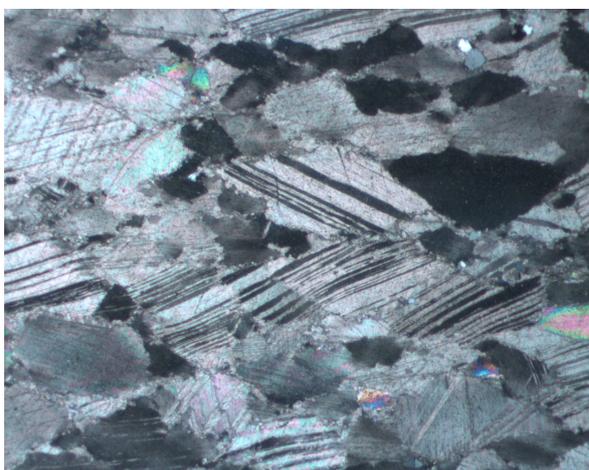


Fig. 7. (Aumento 2.5x). Estructuras de deformación observada en los cristales de calcita (maclas mecánicas y láminas de deformación y crecimientos mecánicos tipo dinámico). Muestra ALD-4. TIPO 3

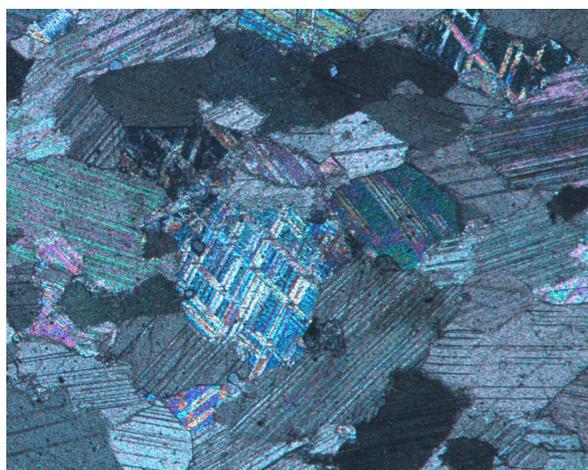


Fig. 8. (Aumentos 5x). Cristales de calcita que han conservado las dos fases de deformación que ha sufrido la roca. Se observa también la fase de alta temperatura favoreciendo la recrystalización de los cristales. Muestra ALD-8. TIPO 3

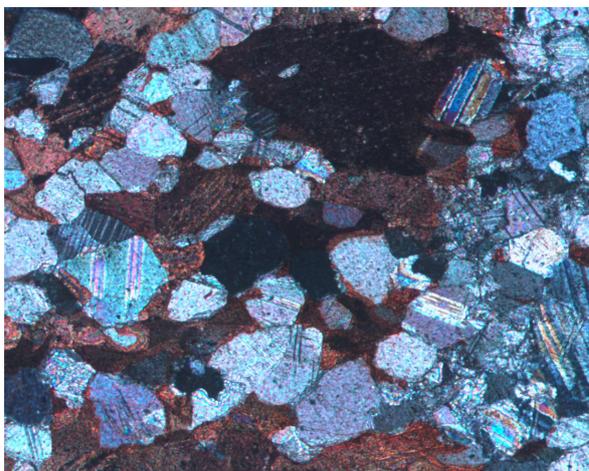


Fig. 9. (Aumentos 10X). Desarrollo de cristales de dolomita a expensas de los cristales de calcita. Condiciones de recrystalización en equilibrio generando una estructura granular en mosaico. Muestra ALD-7.

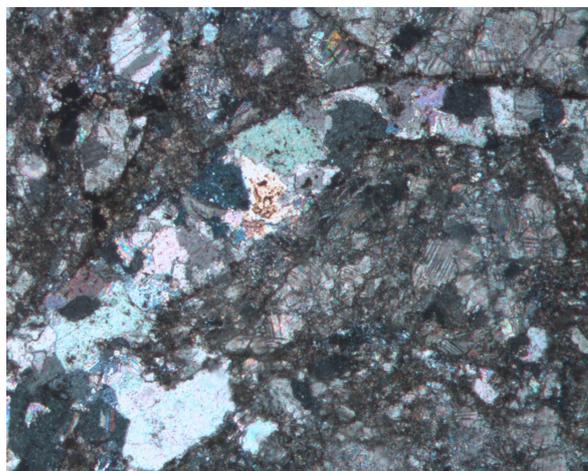


Fig. 10. (Aumentos 2.5X). Textura generada en una zona de cizalla dúctil. Se observan recrystalizaciones de calcita en fisuras. Muestra ALD-3. TIPO 2

Los cristales de carbonato de mayor tamaño son de naturaleza calcítica, a visu su color es blanco, presentan signos importantes de deformación dúctil, que se manifiestan texturalmente, a través de dislocaciones intercristalinas (extinciones ondulantes), bordes de grano, maclas mecánicas y lámelas de deformación. Los cristales presentan contactos irregulares de grano o fenómenos de estiramiento, que indican deformación por aplastamiento. Se observan también crecimientos cristalinos de tipo dinámico asociados a la deformación (Fig. 7). Bajo esta textura aparecen cristales de calcita con huellas de varias fases de deformación (Fig. 8), lo que indica la presencia de una fase de alta temperatura posterior.

Los cristales carbonatados de tamaño más pequeño son dolomíticos, se generan en una fase posterior a la deformación dúctil y recristalización. Estos cristales no presentan caras bien definidas (hipidiomorfos a xenomorfos) y aparecen sellando la estructura deformacional anterior (Fig. 9). Son los responsables de la coloración grisácea, observada en estos materiales

En otras zonas se han observado textura claramente milonítica que ponen de manifiesto la existencia de brechas tectónicas generadas en zonas de cizalla dúctil en condiciones de metamorfismo de medio a alto (Fig. 10).

Conclusiones

La textura que presentan las rocas refleja los episodios que han tenido lugar desde su origen. La lectura de estos acontecimientos puede resultar de interés de cara a su aplicación en arqueometría, aunque hay que indicar que para el caso de los mármoles esta herramienta presenta limitaciones.

En base a los resultados obtenidos, en esta cantera encontramos variedades texturales significativas que van desde texturas granoblásticas equigranulares a inequigranulares, blatomilonita, milonita o incluso ultramilonítica.

El estudio petrográfico en detalle de los cristales de calcita y dolomita nos pueden aportar criterios identificativos de estos mármoles, que se pueden concretar en los siguientes aspectos:

1. La presencia de dos fases deformacionales con desarrollo de estructuras tipo *bouding* y en *tabletas de chocolate* resultan un rasgo significativo ligada a una fase de recristalización a alta temperatura.
2. La presencia de una última fase de cizalla dúctil con desarrollo de texturas miloníticas también se considera un rasgo de interés para su identificación. En el caso concreto de la Loma de los Castillejos estos mármoles se emplazan geológicamente a través de una falla inversa (cabalgan), por lo tanto el afloramiento de estas texturas deben ser frecuentes.
3. La presencia de una fase de recristalización en equilibrio estático con el desarrollo de cristales dolomíticos en mosaico observado en relación con otros cristales altamente deformados también resulta una particularidad de interés.
4. Presencia de minerales accesorios como cuarzo, plagioclasa, piroxenos y olivinos alterados en la fase progradada.

BIBLIOGRAFÍA

- ABALOS, B. y EGUILUZ, L. (1994): *Poly-orogenic tectonic evolution (Cadomian and Hercynian) of Badajoz-Cordoba shear belt*. Boletín Geológico y Minero (España). v. 105(1). pp. 57-84. Ene-Feb 1994).
- CASTRO A.; FERNÁNDEZ, C.; EL-HMIDI, H.; EL-BIAD, M.; DE LA ROSA, J. y STUART, F. (1999): *Age constraints to the relationships between magmatism, metamorphism and tectonism in the Aracena belt, southern Spain: International Journal of Earth sciences*. 88. pp. 26-37.
- DÍAZ AZPIROZ y M.; FERNÁNDEZ, C. (2002): *Análisis estructural de los mármoles de la banda metamórfica de Aracena (Macizo Ibérico meridional). Implicaciones tectónicas regionales*. Geogaceta nº 31. pp. 119-122.
- DÍAZ AZPIROZ, M.; CASTRO, A.; FERNÁNDEZ, C.; LÓPEZ, J.C.; FERNÁNDEZ GALIANO, J.C. y MORENO VENTAS, I. (2004): *The contact between the Ossa-Morena and the South Portuguese zones. Characteristics and significance of the Aracena metamorphic belt, in its central sector between Aroche and Aracena (Huelva)*. Journal of Iberian Geology 30 (2004) 23-31. ISSN: 0378-102X.
- DÍAZ AZPIROZ, M. (2006): *Evolución tectono-metamórfica del dominio de alto grado de la banda metamórfica de Aracena*. Laboratorio Xeológico de Laxe. Área de Xeología e Minería do Seminario de Estudos Galegos, Nova Terra 2006.
- LAPUENTE, P.; TURI, B. y BLANC, P. (2000): *Marbles from Roman Hispania: stable isotope and cathodoluminescence characterization*. Applied Geochemistry 15 (2000) 1469-1493.
- QUESADA, C.; FONSECA, P.; MUNHÁ, J.; OLIVEIRA, J.T. y RIBEIRO, A. (1994): *The Beja Acebuches Ophiolite (Southern Iberia Variscan Fol. Belt). Geological characterization and geody-namic significance*. Boletín Geológico y Mineros, 105. 3-49
- SÁNCHEZ JIMÉNEZ, N.: (2003) *Estructura gravimétrica y magnética de la corteza del suroeste peninsular (Zona surportuguesa y Zona de Ossa-Morena)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 243.