

Localización y caracterización de la anfibolita de Dragonte. Uno de los materiales utilizados en el patrimonio arquitectónico de la comarca del Bierzo (León)

R. Jiménez Martínez, E. Álvarez Areces y F. Bellido

Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España.
r.jimenez@igme.es; e.alvarez@igme.es; f.bellido@igme.es

RESUMEN

En este trabajo se estudia la procedencia y las características petrológicas de la anfibolita empleada en la construcción de algunas iglesias románicas del área comprendida entre Villafranca del Bierzo y Corullón, en la comarca del Bierzo (León), siendo el principal constituyente de la Iglesia de San Fiz de Visonia, a orillas del río Burbia. Al no encontrarse referencias en la bibliografía consultada sobre la presencia de este material en las proximidades, se realizó una búsqueda de la zona más cercana a la Iglesia de San Fiz, con la intención de localizar el afloramiento de donde se extrajo la roca, situándose la cantera a escasos 2 km de la iglesia. Estas anfibolitas proceden de la transformación de rocas basálticas alcalinas intercaladas en la Serie de los Cabos, por los procesos metamórficos y tectónicos de la Orogenia Varisca.

Palabras clave: anfibolita, El Bierzo, localización de canteras, patrimonio arquitectónico, piedra natural

Location and characterization at Dragonte of amphibolite, one of the materials used in the architectural heritage in the El Bierzo region of León

ABSTRACT

We have studied the origin and petrological characteristics of the amphibolite used in the construction of some Romanesque churches in the area of Villafranca del Bierzo and Corullón, in the Bierzo region of León. It is the main component of the church of St. Fiz of Visonia on the banks of the Burbia river. Having found no references in the literature to the presence of this rock in the immediate area, we undertook a search in the vicinity of the church of St. Fiz of Visonia to see whether we could locate the source outcrop of the rock and found the quarry scarcely 2 km away from the church. The amphibolites in question derive from the transformation of alkaline basaltic rocks interbedded in the Cabos formation as a result of metamorphic and tectonic processes which took place during the Variscan orogeny.

Key words: amphibolites, architectural heritage, el Bierzo, natural building stone, quarry site

Introducción y encuadre geográfico-geológico general

Como consecuencia del desarrollo del proyecto del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), *"Caracterización tecnológica de las piedras de construcción empleadas en patrimonio cultural del Camino de Santiago"*, se ha realizado el inventario de algo más de 700 monumentos, poniendo especial énfasis en los materiales utilizados y por tanto en la localización de las canteras que han suministrado las rocas empleadas en este rico patrimonio arquitectónico.

En la mayor parte de los casos se observa que estos edificios han sido levantados con rocas que afloran en los alrededores, pero en ocasiones se encuentran otras que no están identificadas en la car-

tografía geológica de las zonas cercanas a las construcciones. Este es el caso de la anfibolita verde que aparece en algunas iglesias románicas del área del Bierzo, destacando su uso entre las poblaciones de Villafranca del Bierzo y Corullón.

La comarca del Bierzo se sitúa en el extremo occidental de la provincia de León (Figura 1), limitando al Norte con Asturias y la comarca leonesa de Laciana; al Oeste con las provincias gallegas de Lugo y Ourense y al Este y Sur, con la Maragatería y La Cabrera, otras dos importantes regiones leonesas (Rivera Blanco, 1978).

La cubeta central del Bierzo está ocupada por una cuenca terciaria, intramontañosa, alimentada principalmente desde sus bordes norte y sur por varios sistemas fluviales. Esta cuenca está rodeada de acciden-



Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio
Figure 1. Geographical location of the study zone

tes montañosos que en la zona que nos ocupa, al Norte y Oeste, son las sierras del Caurel y Cebreiro. Los materiales que afloran pertenecen a la Zona Asturoccidental-leonesa (ZAOL), con gran espesor de las secuencias cambro-ordovícicas, destacando la Serie de los Cabos, constituida por cuarcitas, pizarras y areniscas.

Consultados los archivos diocesanos y numerosas publicaciones históricas y artísticas (Balboa, 1991;

Bodelón, 1985; Cosmen, 1985; Díez Escobar *et al.*, 1996; Durany, 1989; Fernández Vázquez, 1997 y 2001; Pastor y Viñayo, 1992; Pastrana, 1988 y Quintana, 1968), no se han encontrado referencias sobre la procedencia de estas anfibolitas que han sido utilizadas desde la Edad Media en el patrimonio arquitectónico del Bierzo.

Entre los monumentos donde aparecen estas rocas destaca la iglesia románica de San Fiz de Visonia (Figuras 2 y 3), donde constituye la mayor parte de los sillares del ábside y de las portadas románicas; las iglesias también medievales de San Esteban y San Miguel de Corullón y Santiago de Villafranca, en las que aparece en algunos mampuestos y sillares aislados de su fábrica románica y en el palacete de los Álvarez de Toledo, también en Villafranca del Bierzo, donde es el material principal utilizado en la sillería de la fachada.

Su utilización, sobre todo en la Edad Media, obedece a varios factores: en primer lugar, como más adelante veremos, por la cercanía del afloramiento a los lugares de construcción; también influye el hecho de que las anfibolitas son rocas muy resistentes, tanto a los cambios térmicos como a la flexión, sobre todo en los casos en los que presentan orientación lineal de los anfíboles, lo que permite la talla de relativamente grandes y largos sillares (en la iglesia de San Fiz de Visonia se pueden observar piezas alargadas de hasta 1 m de longitud); finalmente, el color verde de la anfibolita, en contraste con los tonos pardos y grises de las rocas del entorno, podría haber influido en su elección, al dotar a las construcciones de una notable personalidad cromática.

El objetivo de este trabajo ha consistido en la loca-



Figuras 2 y 3. Iglesia de San Fiz de Visonia
Figures 2 and 3. Views of the church of St. Fiz of Visonia

lización de la cantera histórica que aportó los materiales para la construcción de estas iglesias y en la caracterización de esta anfibolita que tan profusamente aparece en esta comarca leonesa.

Estudio y caracterización de los materiales

Materiales

Para la caracterización de la anfibolita procedente de la Iglesia de San Fiz de Visonia se tomó una muestra de un mampuesto de la valla situada entre el templo y el río Burbia. Se trata de una pieza de unos 2 kg de peso, de donde se pudo tallar una loseta pulida rectangular de 9 x 8 x 2 cm, una lámina delgada para su posterior estudio petrográfico y se obtuvo una cantidad de muestra suficiente para realizar análisis de elementos mayores. También y gracias al permiso concedido por el Obispado de Astorga, se recogió suficiente muestra de la zona más alterada de los sillares de la portada Sur, para su caracterización geoquímica y una muestra del mortero utilizado en esta portada para la identificación de las especies constituyentes.

En cuanto al muestreo en cantera, se tomaron sendas muestras de 4 y 3 kg respectivamente del contacto con la roca caja (zona de mayor alteración) y del frente de cantera (zona de roca fresca), para la realización de los mismos estudios y análisis efectuados en el material procedente de la iglesia y así poder comparar los resultados.

Técnicas de estudio y caracterización de los materiales

Para la caracterización petrológica, tanto de las muestras del monumento como las de la cantera, se realizaron estudios petrográficos y en el caso de la muestra de la iglesia de San Fiz, también se llevó a cabo determinación de las especies minerales constituyentes de la anfibolita y del mortero de la portada Sur mediante difracción de rayos X (DRX).

El estudio petrográfico se ha realizado con microscopios marca Olympus modelo BX51 y marca Zeiss modelo Axiolab, ambos con cámara fotográfica incorporada.

La difracción de rayos X (DRX) se realizó en un equipo XPERT PRO de PANalytical, perteneciente a los laboratorios del IGME. El análisis se ha realizado en muestra pulverizada, con tubo de cobre, monocromador de grafito, rendija automática y detector X'Celerator. Se ha utilizado el software High-Score de PANalytical.

Con el fin de determinar su composición geoquí-

mica, se han realizado 4 análisis de roca total en muestras de anfibolita tanto de la cantera de Dragonte, como de la iglesia de San Fiz de Visonia y en 3 de las muestras se han analizado los elementos traza y REE.

Los análisis de elementos mayores y de elementos traza en roca total, han sido realizados por fluorescencia de rayos X (FRX), utilizando un espectrómetro MagiX de PANalytical, equipado con tubo de Rh. Los elementos mayores fueron analizados en discos de vidrio elaborados mediante fusión de las muestras pulverizadas con tetraborato de litio. El sodio se ha analizado por Absorción Atómica en un equipo VARIAN FS-220, con fusión con metaborato de litio y la pérdida por calcinación (PPC) se ha efectuado a 950°C.

Los elementos traza fueron determinados en pellets de roca pulverizada aglutinada con ELVACITE, utilizando el software PROTRACE.

Los contenidos en REE se han determinado mediante ICP-MS en un espectrómetro Agilent 7500 CE, a partir de muestras fundidas con metaborato de litio y diluidas en ácido.

Todos los análisis han sido realizados en los laboratorios del IGME en Tres Cantos.

Identificación de los afloramientos y canteras de procedencia de las anfibolitas

En la cartografía geológica de la zona (Pérez-Estaún *et al.*, 1982 y Rodríguez Fernández y Heredia, 1994), se señala la existencia de sills de tipo diabásico dentro de la ZAOL, pero los afloramientos son de poca entidad, y por tanto no cartografiables a las escalas que se manejan (1:50.000 o menores). Así, hay un pequeño lentejón al Norte de Villagroy (León), que no ha sido explotado. También, en esta provincia, se refiere la existencia de uno de estos sills diabásicos en las inmediaciones de Lucillo, que fue explotado para rocas ornamentales (Junta de Castilla y León, 1994), pero se localiza a más de 100 km de Villafranca del Bierzo, por lo que no parece probable que se haya utilizado en el patrimonio arquitectónico de la zona de estudio.

El que la anfibolita aparezca principalmente en construcciones medievales, en un área muy concreta de la cubeta berciana, es un factor a tener en cuenta a la hora de buscar la posible cantera de donde se extrajo esta roca. En este sentido, en nuestro trabajo de campo a lo largo del Camino de Santiago hemos observado que en la mayor parte de los casos, los materiales utilizados proceden del entorno más inmediato a los monumentos, (Jiménez Martínez, 2008a). Otro dato importante a considerar es el conocimiento

por los lugareños (pastores, cazadores, etc.), de la presencia de bolos de rocas verdosas en el cauce del arroyo de San Juan, al Oeste de Villafranca del Bierzo, por lo que era de esperar que la cantera se encontrara en algún punto de la cuenca del citado río, aguas arriba de estas observaciones.

Estos hechos han sido los determinantes de que se realizara un estudio de las ortofotos digitales de la zona, en un radio de 3 km alrededor de la iglesia de San Fiz, para seleccionar los puntos favorables donde podría alojarse una cantera, aun sabiendo que puede haber permanecido inactiva durante siglos y estar parcialmente cubierta por la vegetación.

Este estudio se ha realizado con la ayuda del visor del "Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)", del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que cubre mediante ortofotos todo el territorio nacional.

Hay que tener en cuenta además que esta iglesia se levanta en la cubeta sedimentaria del Bierzo, depósito de materiales terciarios y cuaternarios que se extienden tanto al Este como hacia el Sur, por lo que sólo se inspeccionó la zona Norte y Oeste. En concreto se seleccionaron 4 zonas propicias para realizar visitas de reconocimiento:

- Zona I: situada unos 500 m al Oeste de la salida norte del túnel de Villafranca sobre la autopista del Noroeste, concretamente en la falda Norte del Cerro de Anguía. Este lugar se seleccionó porque se observan varias depresiones de morfología elíptica, rodeadas de cubierta boscosa, que podrían corresponder con antiguas canteras.
- Zona II: localizada en las inmediaciones de la carretera de Villafranca del Bierzo a Dragonte, en el triángulo comprendido entre los parajes del "Chao de Castro", "Santiagona" y "Moar", ya en las pro-

ximidades de Dragonte. En ella se observan en la fotografía aérea dos posibles canteras y un importante clareo en el monte que permite la exploración del terreno.

- Zona III: en esta zona se encuentra una cantera situada unos 500 m al Oeste de Dragonte, donde según la bibliografía consultada se explota un nivel de calizas de Cándana y algunos afloramientos de cuarcitas.
- Zona IV: hay una cantera localizada unos 2 km al Oeste de Corullón, en el Cerro de San Sadornín, que se ubica en un paquete carbonatado de calizas de Vegadeo.

Resultados y discusión

Localización de la cantera de procedencia de la anfibolita

La cantera fue localizada dentro de una de las áreas favorables estudiadas, en el término municipal de Corullón, concretamente en la Zona II (Figura 4).

Las anfibolitas consideradas en este estudio constituyen un lentejón intercalado en la sucesión de pizarras, areniscas y cuarcitas que constituye la Serie de Los Cabos (Lotze, 1958), a la que se le asigna una edad comprendida entre el Cámbrico Medio y el Ordovícico Inferior. Este lentejón tiene una dirección NW-SE, con una longitud de unos 300 m y una potencia máxima de unos 20 m (Jiménez Martínez, 2008b) y posiblemente corresponde a un sill de composición gabrodiorítica que está afectado por los procesos tectonotérmicos de la Orogenia Varisca.

Estas anfibolitas se encajan en unas pizarras grises que son objeto de explotación en varias canteras en los alrededores y están situadas entre el cabalgamiento de Toral de los Vados, que superpone los materiales del Cámbrico Inferior sobre los de la Serie de los Cabos y otro cabalgamiento, también con dirección NW-SE y cuyo trazado pasa a unos 750 m al SW de Villafranca del Bierzo (Figura 5).

El metamorfismo regional es de bajo grado y en general no supera las condiciones de la facies de los esquistos verdes, con asociaciones minerales compuestas por cuarzo, moscovita, clorita, albita +/- biotita en los materiales pelíticos y semipelíticos con texturas granolepidoblásticas esquistosadas-pizarrosas. La presencia de biotita es incipiente y se restringe a algunos niveles areniscosos.

Los materiales básicos prevariscos como las anfibolitas estudiadas, presentan unas paragénesis reequilibradas a bajo grado, con anfibolitización de los piroxenos y neoformación de epidota-clinozoisita y

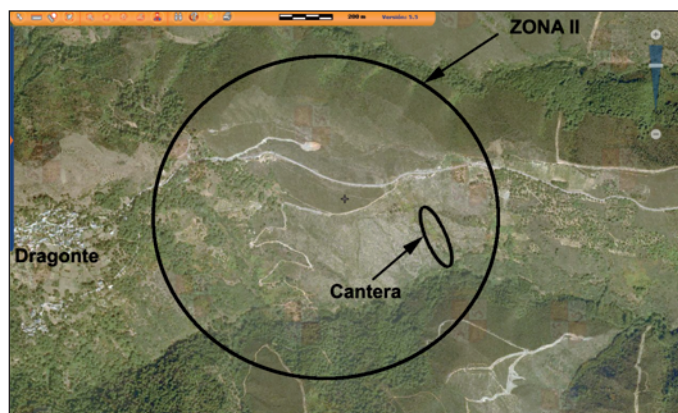


Figura 4. Ortoimagen del SIGPAC de la Zona II
Figure 4. SIGPAC orthoimage of Zone II

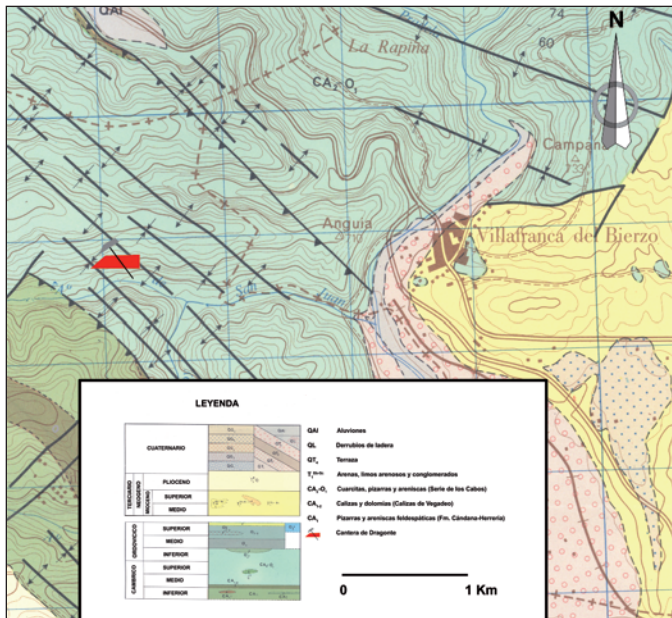


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio (tomado de Pérez Estaún *et al.*, 1982)
 Figure 5. Geological map of the study zone (from Pérez Estaún *et al.*, 1982)

albita a partir de las plagioclasas ígneas y transformación parcial de la ilmenita a titanita-leucoxeno y cloritización de la biotita.

El afloramiento aparece prácticamente cubierto por las cepas de un majuelo centenario, en una zona de difícil acceso, por lo que ha pasado desapercibido desde la época de su explotación, hasta el desarrollo de este trabajo (Figuras 6 y 7).

La localización de la cantera permite la obtención de materiales para la sustitución de elementos deteriorados con las rocas originales, así como la caracterización tecnológica de la anfibolita, ya que la normativa requiere gran cantidad de muestra para la realización de ensayos, por lo que esta caracterización se suele llevar a cabo sobre muestras extraídas en cantera.

La ruta medieval de transporte de los materiales en el área del Bierzo, coincide en gran medida con la importante arteria de comunicación que supone el Camino de Santiago, en buena parte herencia de las calzadas romanas (Sáenz Ridruejo, 1999). Desde aquí, salían caminos carreteros que comunicaban con las distintas explotaciones. En el caso de la cantera de Dragonte, parece probable que los materiales llegaran a los centros de edificación por un camino actualmente invadido por la vegetación, que discurre paralelo al río San Juan y que conecta casi en línea recta con la iglesia de San Fiz de Visonia.

Caracterización petrológica de los materiales

Tanto las muestras procedentes de la cantera como del monumento presentan los mismos caracteres



Figuras 6 y 7. Restos de la cantera de anfibolita en Dragonte
 Figures 6 and 7. The old amphibolite quarry at Dragonte



Figura 8. Aspecto macroscópico de la anfibolita de Dragonte
Figure 8. Macroscopic appearance of the amphibolite from Dragonte

petrológicos. Así, en muestra de mano se observa que se trata de una anfibolita de tonos verdes, con esquistosidad poco definida y porfidoblastos de anfíbol más oscuros (Figura 8).

Los materiales estudiados corresponden a ortoanfibolitas con texturas blasto-ofíticas o blastomicrogranudas porfídicas esquistosadas (Figs. 9 y 10) y

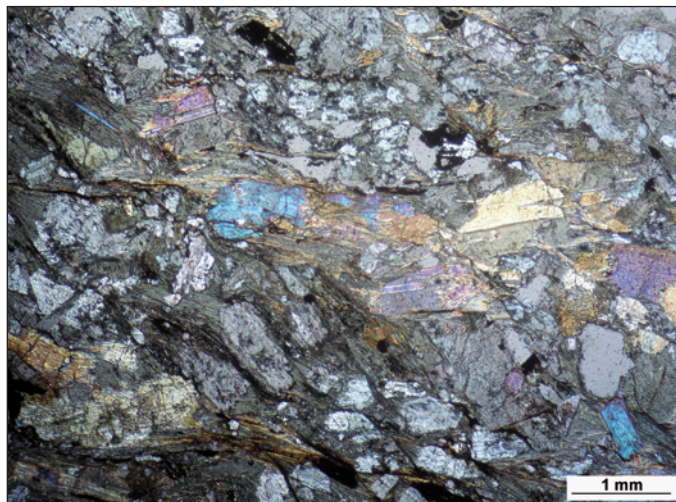


Figura 9. Anfibolita: aspecto textural. Puede apreciarse cómo los planos de esquistosidad rodean a los porfidoblastos de anfíbol. LPA

Figure 9. Amphibolite: textural appearance. It can be seen how the various planes of schistosity surround the porphyroblastic amphibole. XPL

proceden de la recrystalización de gabrodiabasas algo porfídicas.

La asociación mineralógica principal está compuesta por plagioclasa y anfíbol. Como minerales accesorios se encuentran opacos, titanita, biotita-clorita, circón y apatito. Entre los minerales secundarios se encuentran opacos, óxidos, leucóxeno y carbonatos.

La plagioclasa forma cristales subidiomorfos o alotriomorfos maclados y con zonado vestigial o relictos que puede estar marcado por la alteración. Sobre ella se produce cristalización de clinozoisita-epidota y anfíbol acicular por efecto del metamorfismo varisco. Puede formar agregados policristalinos o glomérulos y presentar rotura y redondeamiento por efecto de la deformación. También puede estar muy triturada y alterada formando parte de la matriz esquistosada junto con anfíboles fibrosos secundarios, epidota y clorita.

El anfíbol puede aparecer como cristales relativamente grandes de color verdoso amarillento que en algunos casos pseudomorfizan a fenocristales de piroxeno (Figura 10). En otros casos los antiguos piroxenos están pseudomorfizados por agregados en mosaico de anfíbol. Estos anfíboles suelen contener bastantes inclusiones finas que les confieren un aspecto sucio. Puede estar maclado con relativa frecuencia.

También se encuentra un anfíbol más tardío que forma cristales fibrosos o aciculares que pueden sustituir en parte a los anfíboles de mayor tamaño o formar agregados fibrosos orientados o acículas inclui-

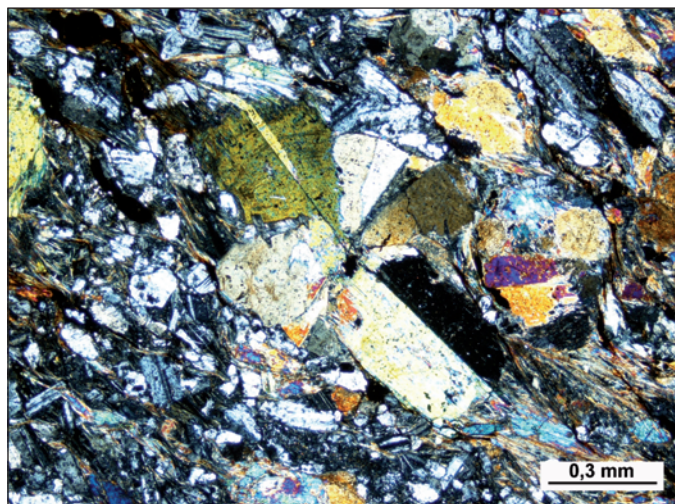


Figura 10. Anfíboles sustituyendo a antiguos fenocristales de piroxeno. LPA

Figure 10. Amphiboles replacing pyroxene phenocrysts. XPL

das en las plagioclasas. En las zonas más deformadas se encuentran agregados foliares de anfíbol fibroso y de clorita que pueden formar sombras de presión sobre los anfíboles mayores o definir la trama de la esquistosidad (Figura 9). Estos anfíboles fibrosos pueden presentar relaciones complejas de intercrecimiento con la clorita.

Los minerales opacos corresponden principalmente ilmenita, que se presenta en cristales alotriomorfos o esqueléticos-irregulares que pueden estar rotos y que invariablemente están marginados por una gruesa aureola de titanita de grano muy fino o de leucóxeno.

La biotita se encuentra como cristales intersticiales o irregulares, muy alterados y cloritizados. La mayor parte está transformada en clorita.

En alguna muestra se encuentran carbonatos secundarios de alteración que pueden constituir carbonataciones irregulares difusas.

La identificación de los minerales de esta anfibolita ha sido confirmada mediante DRX, siendo magnesiohornblenda el anfíbol predominante.

En lo que se refiere al mortero de la fábrica medieval de la portada Sur, la determinación de especies mediante DRX pone de manifiesto que está constituido por cuarzo y calcita, como minerales principales y clorita, moscovita y albita, como componentes minoritarios.

Caracterización geoquímica

En la Tabla I se incluyen las composiciones químicas de las 4 muestras de anfibolita analizadas en este trabajo.

Las anfibolitas estudiadas tienen una composición química mayoritaria que corresponde a basaltos y andesitas basálticas, según el diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986) y atendiendo a la clasificación geoquímica en función de elementos inmóviles (Condie, 2005), de las muestras en las que se dispone de datos analíticos de elementos traza, se trata de basaltos alcalinos.

En lo que se refiere a los elementos mayores, se observa una gran semejanza entre los valores obtenidos para las muestras de la cantera y del monumento. La sílice, el titanio, hierro, manganeso, magnesio y fósforo, tienen una evolución muy similar con la alteración tanto en cantera como en el monumento. Lo mismo se puede decir de la PPC, que como era de esperar aumenta con la alteración (Chesworth, 1973).

En el caso del calcio, este elemento se comporta de distinta manera en las muestras de la cantera y las del monumento, aumentando con la alteración en

Muestra	Dragonte 1	Dragonte 2	San Fiz 1	San Fiz 2
Referencia	1033-34	1033-33	1033-32	894-18
SiO ₂	48,63	52,31	47,86	51,83
TiO ₂	1,25	1,60	1,09	1,49
Al ₂ O ₃	13,17	14,03	12,25	14,10
FeO _t	10,68	9,20	9,67	9,24
MnO	0,15	0,15	0,14	0,15
MgO	11,05	7,85	11,12	7,80
CaO	5,99	7,35	8,85	6,98
Na ₂ O	3,09	3,67	2,48	4,38
K ₂ O	0,11	0,31	0,41	0,30
P ₂ O ₅	0,13	0,29	0,18	0,27
PPC	4,57	2,23	4,88	2,43
Total	98,82	98,99	98,93	98,97
Sc	25,3	26,3	24,1	
V	186,1	207,7	168,9	
Cr	609,9	353,5	775,0	
Co	63,5	46,6	55,9	
Ni	256,4	110,9	215,9	
Ga	17,7	19,0	15,2	
Rb	5,4	17,4	10,3	
Sr	258,5	571,5	442,0	
Y	13,8	23,3	13,9	
Zr	98,5	142,9	85,1	
Nb	20,3	30,4	15,0	
Mo	1,0	1,7	1,5	
Sn	4,5	7,5	5,4	
Ba	219,0	294,8	257,0	
La	15,3	29,80	13,80	
Ce	32,10	52,40	27,80	
Pr	3,72	6,62	3,34	
Nd	15,40	26,70	14,00	
Sm	3,57	5,71	3,16	
Eu	1,09	1,76	1,19	
Gd	3,62	5,88	3,45	
Tb	0,56	0,87	0,52	
Dy	2,93	4,49	2,86	
Ho	0,56	0,85	0,55	
Er	1,55	2,40	1,51	
Tm	0,21	0,30	0,18	
Yb	1,31	1,93	1,20	
Lu	0,19	0,28	0,18	
Hf	1,9	1,0	2,4	
Ta	6,0	5,8	2,2	
Pb	6,9	8,1	6,2	
Th	3,8	5,2	1,7	
U	2,1	4,1	2,1	

Tabla I. Composición química de las anfibolitas estudiadas. Elementos mayores en % en peso, trazas y REE en ppm. Muestra 1033-34 (Dragonte 1): Ortoanfibilolita de Dragonte. Muestra alterada de la cantera. Muestra 1033-33 (Dragonte 2): Ortoanfibilolita de Dragonte. Muestra fresca de la cantera. Muestra 1033-32 (San Fiz 1): Ortoanfibilolita. Muestra alterada de la iglesia de San Fiz de Visonia. Muestra 894-18 (San Fiz 2): Ortoanfibilolita. Muestra fresca de la iglesia de San Fiz de Visonia

Table I. Chemical composition of the amphibolites studied. Major elements w % and traces of REE in ppm. Sample 1033-34 (Dragonte 1): weathered sample of orthoamphibolite from the quarry at Dragonte. Sample 1033-33 (Dragonte 2): fresh sample of orthoamphibolite from the quarry at Dragonte. Sample 1033-32 (San Fiz 1): weathered sample of orthoamphibolite from the church of St. Fiz of Visonia. Sample 894-18 (San Fiz 2): fresh sample of orthoamphibolite from the church of St. Fiz of Visonia

éste último. Esto puede ser debido en parte al efecto de los morteros y revestimientos utilizados en la iglesia, que llegan a formar pequeñas costras o infiltraciones carbonatadas en zonas más alteradas.

En cuanto a las variaciones de Nb, Ta y Th en las muestras alteradas del monumento, son difíciles de explicar por procesos de meteorización o interacción con los morteros, ya que estos elementos son generalmente muy inmóviles en procesos exógenos. En el caso del Sr, no puede descartarse que el aumento en las muestras alteradas de la iglesia esté relacionado con estos procesos de alteración o interferencia con los morteros. También hay que tener en cuenta que el número de muestras es reducido para deducir unas conclusiones fiables sobre estos aspectos.

Con el fin de realizar una caracterización más precisa, evitando los efectos de los procesos metamórficos y de la alteración, se ha realizado la clasificación de las mismas a partir de elementos inmóviles mediante el diagrama Nb/Y-Zr/Ti de Winchester & Floyd (1977) (Figura 11).

En este diagrama puede observarse que las muestras estudiadas corresponden a rocas basálticas alcalinas. Además se pone de manifiesto que sus compo-

siciones son muy similares, tanto en el caso de la muestra de la cantera como en las de la iglesia, lo que refuerza la hipótesis de que los materiales de construcción de la misma, proceden efectivamente de la cantera identificada en este trabajo.

La afinidad alcalina de los basaltos de los que proceden las anfibolitas de Dragonte también queda claramente patente en los diagramas de tierras raras normalizados a la composición condritica (Figura 12), en la que los materiales estudiados presentan unos espectros con configuraciones muy lineales, con un apreciable fraccionamiento de las LREE con respecto a las HREE y sin anomalías de Eu. También el marcado paralelismo de los espectros de REE apoya la identificación de las anfibolitas de la iglesia con las de la cantera de Dragonte.

Con respecto a la caracterización geodinámica de los basaltos de los que proceden estas anfibolitas, su proyección en el diagrama Zr-Ti-Y de Pearce & Cann (1973) (Figura 13), pone de manifiesto que se trata de tipos intra-placa que pueden ser identificables con episodios volcánicos Cámbrico-Ordovícicos relacionados con un ambiente geodinámico de margen pasivo o de rifting.

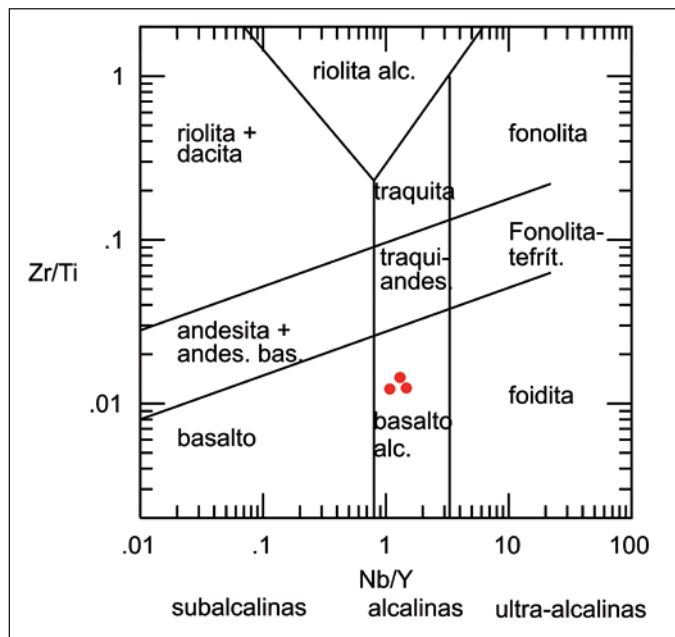


Figura 11. Composición de los materiales originales de los que proceden las anfibolitas estudiadas, determinada a partir de elementos inmóviles. [Diagrama Nb/Y - Zr/Ti de Winchester & Floyd (1977) modificado por Pearce (1996)]

Figure 11. Composition of the original materials from which the amphibolites derive, as determined from immobile elements. [Diagram Nb/Y - Zr/Ti de Winchester & Floyd (1977), modified by Pearce (1996)]

Conclusiones

La presencia de una anfibolita de tonos verdes, en algunas iglesias románicas del área del Bierzo, nos

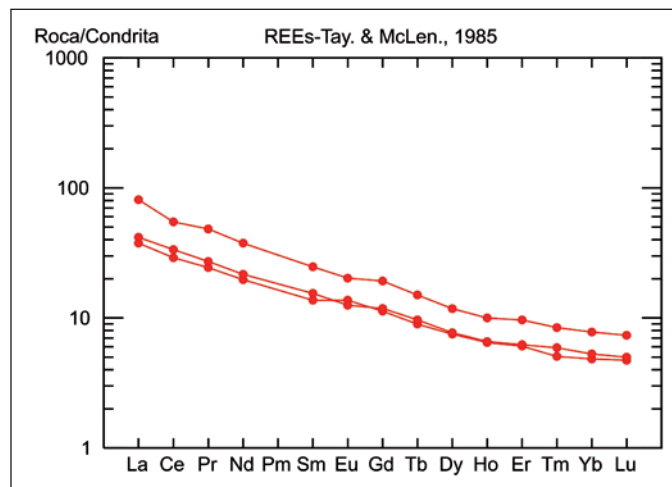


Figura 12. Diagrama de variación de los contenidos en REE de las anfibolitas estudiadas. Valores normalizados a la composición condritica de Taylor & McLennan (1985)

Figure 12: Diagram of variation of the REE contents of the amphibolites. Chondrite-normalized values are from Taylor & McLennan (1985)

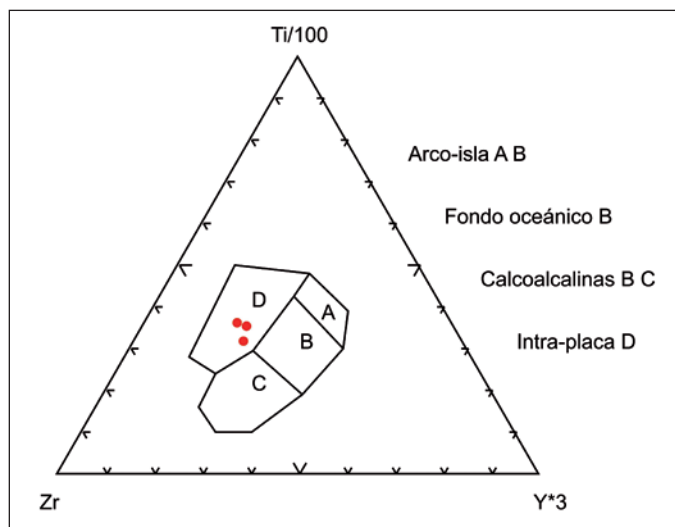


Figura 13. Proyección de las anfibolitas de Dragonte en el diagrama de caracterización geodinámica de basaltos de Pearce & Cann (1973)

Figure 13. Projection of the Dragonte amphibolites onto Pearce & Cann's diagram (1973) of the geodynamic characterization of basalts

llevó a realizar un estudio de la zona más próxima a su utilización para localizar el posible afloramiento de donde se extrajo.

Una vez realizado un estudio de las ortoimágenes de los alrededores y los consiguientes reconocimientos de campo, se localizó la cantera que se sitúa a escasos 2 km de la Iglesia de San Fiz de Visonia, cuyos paramentos románicos están levantados principalmente con esta anfibolita.

El estudio petrológico de las muestras procedentes de la cantera y del monumento, pone de manifiesto que se trata de la misma roca, una anfibolita de origen ortoderivado, con textura blasto-porfídica y esquistosidad definida por agregados nematoblásticos de anfíbol.

Estas anfibolitas se han formado por el metamorfismo y deformación de rocas basálticas durante la Orogenia Varisca. Sus características texturales y sus relaciones con los metasedimentos encajantes, sugieren que posiblemente pertenecen a un sill contemporáneo con la sedimentación de los materiales siliciclásticos de la Serie de los Cabos.

Las características geoquímicas de las rocas originales corresponden a basaltos alcalinos generados en un ámbito intraplaca compatible con una sedimentación localizada en un margen continental pasivo.

Estos basaltos, de acuerdo con los criterios de Condie (2005), basado en las relaciones $Zr/Y - Nb/Y$,

podrían corresponder a basaltos con afinidad OIB (de islas oceánicas). Rocas basálticas similares dentro de la ZAOL, como el haz de sills de Lucillo, presentan características propias de basaltos transicionales (López-Moro *et al.*, 2008), mientras que en el Domo de Tormes se señala la presencia de anfibolitas procedentes de basaltos de afinidad OIB (López-Plaza *et al.*, 2007).

La variación de los elementos mayores muestra una evolución similar de la alteración tanto en las muestras procedentes de la cantera, como en las del monumento, siendo el calcio, el único elemento que se comporta de manera distinta, ya que se enriquece con la alteración en los sillares del monumento. Esto es debido posiblemente a la utilización de morteros carbonatados que generan costras de alteración e infiltraciones en algunos sillares.

La identificación de la cantera de la que proceden las anfibolitas utilizadas en la construcción de estos monumentos, permite la obtención de materiales para la restauración o sustitución de elementos deteriorados de los mismos con rocas originales, en los casos en que sea necesario.

Agradecimientos

A la Diócesis de Astorga, por los permisos concedidos para el estudio de los monumentos del área de trabajo de nuestro proyecto.

A Miguel López-Plaza y Mónica Álvarez de Buergo, por la revisión crítica del manuscrito.

También queremos agradecer a Ana M^a Bravo y a Rafael Lozano, por su ayuda en la elaboración de las figuras y a nuestros compañeros del laboratorio del IGME en Tres Cantos, donde se ha realizado la analítica de las muestras.

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto del Instituto Geológico y Minero de España "Caracterización Tecnológica de las piedras de construcción empleadas en el Patrimonio Cultural del Camino de Santiago".

Referencias

- Balboa, J.A. 1991. *El monasterio de Carracedo*. Diputación provincial de León, 231 pp.
- Bodelón, E. 1985. El arte románico en el Camino de Santiago. *Estudios Bercianos*, 4, 43-56.
- Chesworth, W. 1973. The major element geochemistry and mineralogical evolution of granitic rocks during weathering. In: *Origin and distribution of the elements* (ed. P. Henderson). Elsevier. Amsterdam, 275-316.
- Condie, K.C. 2005. High field strength element ratios in

- Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithos*, 79, 491-504.
- Cosmen, M.C. 1985. *Dos iglesias románicas del Bierzo, San Miguel y San Esteban de Corullón*. Institución "Fray Bernardino de Sahagún". Excmo. Diputación Prov. de León-CSIC, 186 pp.
- Díez Escobar, A., García Abad, A., Quintana, A., Rellán, A., Valderas, A., Casado, C., Cosmen, C., Yáñez, D., González, F., Hernández, F.M., Balboa, J.A., Gran, L.A., González, M.A., Arias, M., García, M.J. y García, V. 1996. *Monasterio de Santa María de Carracedo*. Instituto Leonés de Cultura, 119 pp.
- Durany, M. 1989. *La región del Bierzo en los siglos centrales de la Edad Media, 1070-1250*. Universidad de Santiago de Compostela y Universidad de León, 263 p.
- Fernández Vázquez, V. 1997. Canteras, materiales de construcción y caleros en el Bierzo durante la Edad Moderna. *Estudios Bercianos*, 23, 66-78.
- Fernández Vázquez, V. 2001. *Arquitectura religiosa en El Bierzo (S. XVI-XVIII)*. I.V.E. Fundación Ana Torres Villariño. Peñalba Impresión, Ponferrada (León), 2 t.
- Jiménez Martínez, R. 2008a. Diversidad geológica y minera del Camino de Santiago en la comarca del Bierzo (León). *Estudios Bercianos*, 32/33, 165-174.
- Jiménez Martínez, R. 2008b. *Rocas ígneas y metamórficas utilizadas en el patrimonio arquitectónico en la comarca del Bierzo (León)*. Trabajo de investigación para el Diploma de Estudios Avanzados. Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Tutor: Rafael Fort González, 194 pp.
- Junta de Castilla y León. 1994. *Estudio de los recursos naturales de Castilla y León para su empleo en capas de rodadura*. Consejería de Fomento, 53 pp.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. y Zanettin, B. 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- López-Moro, F.J., López-Plaza, M. y Murciego, A. 2008. El magmatismo máfico y subvolcánico de intra-placa y de naturaleza subcalina de la Zona Centro Ibérica: quimismo y discriminación de los procesos magmáticos implicados. *VI Congreso Ibérico de Geoquímica*, 129-132.
- López-Plaza, M., Peinado, M., López-Moro, F.J., Dolores Rodríguez-Alonso, M., Carnicero, A., Franco, P., Gonzalo, J.C. y Navidad, M. 2007. In litt. Contrasting mantle sources and processes involved in a peri-Gondwana Terrace: A case study of pre-Variscan mafic intrusives from the Autochthon of the Central Iberian Zone. En G. Zulauf, (Ed.), *The Geology of Peri-Gondwana: Avalonian-Cadomian terranes, adjoining Cratons, and the Rheic Ocean*. *Geological Society of America*, Special Paper, 423.
- Pastor, V. y Viñayo, A. 1992. *El Camino de Santiago en el solar leonés*. Ed. Edilesa, León.
- Pastrana, L. 1988. Inventario del patrimonio arquitectónico en el Camino de Santiago y su entorno a su paso por el Bierzo. *Estudios Bercianos*, 8, 67-81.
- Pearce, J.A.. 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams. In Bales, A. H. Christiansen, E. H., Galley, A.G., Jenner, G.A., Keith, Jeffrey D., Kerrich, R., Lentz, David R., Leshner, C. M., Lucas, Stephen B., Ludden, J. N., Pearce, J. A., Peloquin, S.A., Stern, R. A., Stone, W. E., Syme, E.C., Swinden, H. S., Wyman, D. A., (eds.) *Trace element geochemistry of volcanic rocks; applications for massive sulphide exploration*, Short Course Notes - *Geological Association of Canada*, 12, 79-113.
- Pearce, J.A., and Cann, J.R. 1973. *Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis*. *E.P.S.L.*, 19, 290-300.
- Pérez-Estaún, A., Guzmán del Pino, J.L., Velando, F. y Rodríguez Fernández, L.R. 1982. *Mapa geológico de España, E 1:50.000 n° 158 (Ponferrada)*. Segunda serie (MAGNA). IGME, Madrid.
- Quintana, A. 1968. *El Obispado de Astorga en los siglos IX y X*. Archivo Diocesano, Astorga, p 300.
- Rivera Blanco, J. 1978. *Guía del Bierzo*. Ed. Lebrija, S.A., Madrid, 188 p.
- Rodríguez Fernández, L.R. y Heredia, N. 1994. *Mapa Geológico de la Provincia de León, Escala 1:200.000*. ITGE-Diputación de León, 166 pp.
- Sáenz Ridruejo, C. 1999. *Patrimonio geológico del Camino de Santiago*. ITGE, 171 pp.
- Taylor, S.R., and McLennan, S.M. 1985. *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Winchester, J. A., Floyd, P. A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20 (4), 325-343.

Recibido: marzo 2010

Revisado: junio 2010

Aceptado: agosto 2010

Publicado: enero 2011