

Textura y Composición Mineral de Pizarras de Techar: Estudio con Microscopía Óptica, SEM, EMPA y TEM

/ FERNANDO GÓMEZ FERNÁNDEZ (1,*), BLANCA BAULUZ LÁZARO (2)

(1) Área de Prospección e Investigación Minera. Universidad de León. C/ Jesús Rubio 2. 24004, León (España).

(2) Departamento de Ciencias de la Tierra. Ciudad Universitaria. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009, Zaragoza (España).

INTRODUCCIÓN.

Las pizarras comerciales son rocas de grano muy fino, con una esquistosidad del tipo *slaty cleavage* y una alta fisibilidad, condicionada por la microtextura de la roca (Barros et al., 1985).

España es primer productor mundial de pizarras para cubiertas, con 114 plantas y más de 6.100 empleados. La producción anual de pizarra se ha venido incrementando hasta alcanzar en 2007 las 943 Kt (Federación Española de la Piedra Natural, 2008), con una facturación en torno a 400 M€/año.

Gran parte de los yacimientos españoles de pizarra se concentran en la Zona Centroibérica (ZCI) del Macizo Ibérico, especialmente en el Dominio del Sinclinal de Truchas. Numerosas canteras se ubican también en la Zona Asturoccidental-leonesa (ZAOL). La mayor parte de las pizarras explotadas en el NO de España y todas las muestreadas en este trabajo son de edad ordovícica (Tabla 1), procediendo estas de las Formaciones Luarca, Casaio, Rozadais y Losadilla (Marcos, 1973; Barros, 1989).

Muest.	Ubicación Geológica			Edad
	Zona	Dominio	Formación	
C3	ZCI	ST	Rozadais	OS
C4	ZCI	ST	Rozadais	OS
C5	ZCI	ST	Losadilla	OS
C6	ZCI	ST	Rozadais	OS
C9	ZCI	ST	Casaio	OS
C10	ZCI	ST	Rozadais	OS
C12	ZAOL	DCP	Luarca	OM
C14	ZCI	ST	Losadilla	OS
C16	ZAOL	DNAS	Luarca	OI-OS
C25	ZCI	ST	Rozadais	OS

Tabla 1. Localización de las muestras estudiadas. Abreviaturas. ZCI = Zona Centroibérica. ZAOL = Zona Asturoccidental-leonesa. ST = Sinclinal de Truchas. DCP = Dominio de Caurel-Peñalba. DNAS = Dominio de Navia-Alto Sil. OI = Ordovícico Inferior. OM = Ordovícico Medio. OS = Ordovícico Superior.

METODOLOGÍA.

Se realizó un muestreo representativo de diez yacimientos de pizarras comerciales en los dominios del Sinclinal de Truchas (ZCI) y Caurel-Peñalba y Navia-Alto Sil (ZAOL). Las muestras fueron estudiadas mediante microscopía óptica (luz transmitida y reflejada) y microscopía electrónica de barrido (SEM) en un microscopio JEOL JSM-6100 dotado con detector D6679 de Oxford Instruments.

Cuatro muestras (C5, C9, C10 y C12) fueron estudiadas además mediante técnicas de microsonda electrónica (EMPA) y microscopía electrónica de transmisión (TEM). Los análisis de EMPA se realizaron en una JEOL Superprobe JXA-8900M WDS. Las condiciones de medida fueron: 15 kV, 20 nA, diámetros de haz entre 1 y 5 μm y un intervalo de conteo de 10 s. Los patrones utilizados para la determinación de los elementos respectivos (mostrados entre paréntesis a continuación de cada uno de los patrones) fueron: Sillimanita (Al), albita-O (Na, Si), almandino (Fe,Mn), kaersutita (Ca, Ti, Mg), microclina (K), apatito.15 (F, Cl) y aleación Hr-160 (Ni, Cr). Los datos de TEM fueron obtenidos usando un JEOL-2000F XII con un detector EDS de Oxford Instruments. El TEM operó a 200 kV. Los datos EDS fueron procesados mediante el software INCA, con objeto de transformar las relaciones de intensidades en concentraciones. Los factores K (Cliff y Lorimer, 1975) fueron obtenidos mediante análisis de patrones de albita, sodalita, biotita, moscovita, wollastonita y benitoite. Los resultados analíticos muestran un margen de error de ~5-7%. Estos análisis químicos fueron realizados sobre partículas muy finas (<0.1 μm) depositadas sobre una rejilla de cobre recubierta de carbono.

PETROGRAFÍA.

Las muestras estudiadas están formadas esencialmente por micas blancas, cuarzo, clorita y feldespato. Los minerales accesorios varían en las distintas muestras, habiéndose reconocido los siguientes: ilmenita, rutilo, varias especies de sulfuros (citadas más adelante), ankerita, siderita, calcita, grafito, monacita, apatito, circón y turmalina.

La textura a escala microscópica varía desde lepidoblástica a porfidoblástica y, solamente en algunas muestras con bandeados de areniscas, se pueden diferenciar dominios con textura grano-lepidoblástica.

Las pizarras estudiadas presentan abundantes elementos porfídicos de mineralogía diversa, fundamentalmente granos de cuarzo y feldespato, *stacks* (Voll, 1960) de clorita-mica blanca, carbonatos y elementos porfiroideos ricos en sulfuros. Algunas muestras pueden mostrar además monacita, ilmenita y algunos granos de turmalina.

La relación de los sulfuros con el encajante permite agrupar a los primeros en dos tipologías diferentes: a) Sulfuros precinemáticos, formados por cristales anhedrales de pirita, pirrotina, pentlandita, cobaltina, calcopirita, esfalerita, galena, ullmannita y gersdorffita, depositados muy probablemente en condiciones de diagénesis temprana, relacionada con medios sedimentarios anóxicos y b) Sulfuros postcinemáticos, formados esencialmente por pirita que corta la esquistosidad de la roca.

La matriz está formada por minerales de grano muy fino (tamaño medio entre 4 y 10 μm de espesor), básicamente

palabras clave: Sinclinal de Truchas, Microscopía electrónica, Microsonda electrónica.

key words: Truchas Syncline, Electron microscopy, Electron microprobe.

resumen SEM 2009

* corresponding author: f.gomez@unileon.es

filosilicatos (mica blanca y clorita) y cantidades menores de cuarzo y feldespato. Muestra una fuerte orientación mineral, que define la esquistosidad de la roca. En la matriz se desarrollan sombras de presión en relación con la presencia de elementos porfídicos.

MICROANÁLISIS.

EMPA: se han analizado 35 micas blancas (n=35), cloritas (n=26) (Tabla 2) y feldespatos (n=3). El haz de electrones se enfocó, sobre minerales de tamaño de grano relativamente grueso, con objeto de evitar análisis contaminados.

TEM: Se analizaron micas (n=48) y cloritas (n=10) (Tabla 2) en zonas de análisis de ~200 nm de diámetro.

Micas.

EMPA: La mayor parte de las micas analizadas son dioctaédricas ricas en potasio, con una componente fengítica. Algunos análisis reflejan la presencia de otros tipos de micas minoritarias con una componente fengítica mayor.

TEM: Las micas de tamaño nanométrico tienen composiciones similares a las de las micas analizadas mediante EMPA. Sólo hay pequeñas diferencias en el grado de sustitución fengítica. Dos análisis realizados sobre la muestra C12, muestran una composición claramente diferente, correspondiendo a paragonitas.

Cloritas.

EMPA: Las cloritas analizadas tienen

una composición homogénea, que corresponde a chamositas magnesianas (Bayliss, 1975).

TEM: Las cloritas de tamaños nanométricos tienen composiciones similares a las analizadas mediante EMPA, si bien los datos de TEM no muestran Na, K ni Ca. Estos elementos en los análisis de microsonda pueden representar cierta contaminación procedente de otras fases minerales,

Feldespatos.

Los feldespatos analizados (muestra C5) son albitas de composición media ($K_{0.01}Ca_{0.01}Na_{0.95}Fe_{0.01}Ti_{0.01}(Si_{2.97}Al_{1.03})O_8$).

CONCLUSIONES.

Se han caracterizado diez pizarras comerciales españolas usando microscopía óptica de luz transmitida y reflejada, SEM, EMPA y TEM.

Se han validado los análisis mediante EMPA realizados sobre los minerales esenciales de las pizarras, por comparación con los análisis por TEM, lo que confirma la validez de la utilización de los primeros como datos de entrada en procesos de cuantificación mineral a partir de difracción de rayos X y el tratamiento informático de datos (Ward y Gómez Fernández, 2003).

Se han reconocido dos fases de precipitación de sulfuros comunes en las pizarras estudiadas, así como una variedad de especies de sulfuros muy superior a la descrita hasta ahora en la bibliografía sobre pizarras de techar. Por

otra parte, se presentan las fórmulas estructurales de minerales constituyentes de las pizarras: micas, cloritas y feldespatos.

AGRADECIMIENTOS.

El presente trabajo se ha financiado mediante el proyecto CGL2007-60035/BTE del Ministerio de Ciencia e Innovación. Asimismo, los autores desean agradecer al manager y al equipo técnico de Cupa Group, la autorización para realizar este estudio.

REFERENCIAS.

- Barros, J.C. (1989): *New geological and cartographic data about the south limb of the Truchas Synclinorium (Ourense-León), NW Spain. Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **14**, 93-116.
- Barros, J. C., Castaño, M., Hacar, M., Lombardero, M., Olmo Sanz, A. del (1985): *Metodología de investigación de los yacimientos de pizarras para cubiertas. Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **10**, 429-444.
- Bayliss, S.W. (1975): *Nomenclature of the trioctahedral chlorites. Can. Mineral.*, **13**, 178-180.
- Cliff, G., Lorimer, G.W. (1975): *The quantitative analysis of thin specimens. J. Microsc.*, **103**, 203-207.
- Federación Española de la Piedra Natural (2008). *Informe sectorial de la piedra natural 2007. ADICO.*
http://www.fdp.es/inf_sector/docs/informes/informe_sectorial_2008v5.pdf
- Marcos, A. (1973): *Las series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España). Trab. Geol. Univ. Oviedo*, **6**, 3-113.
- Voll, G. (1960): *New work on petrofabrics. Liverpool Manchester Geol.*, **2**, 503-567.
- Ward, C.R., Gómez-Fernández, F. (2003): *Quantitative mineralogical analysis of Spanish roofing slates using the Rietveld method and X-ray powder diffraction data.*

Muestras N = Fórmula estruct.	Micas dominantes				Micas minoritarias				Clorita			
	EMPA		TEM		EMPA		TEM		EMPA		TEM	
	C5,C9,C10,C12	C5,C9,C10,C12	C5	C9	C10	C12	C5,C9,C10,C12	C5,C9,C10	Media	σ	Media	σ
	31	46	1	2	1	2	26	10				
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	σ	σ	Media	σ
Si	6.22(0.06)	6.27(0.12)	7.22	6.91	6.39	6.12	5.23 (0.04)	5.43 (0.10)				
Al ^{IV}	1.78 (0.06)	1.73 (0.12)	0.78	1.09	1.61	1.88	2.77 (0.04)	2.57 (0.10)				
Al ^{VI}	3.83 (0.10)	3.77 (0.12)	3.09	3.56	3.51	4.46	3.24 (0.12)	3.24 (0.17)				
Ti	0.03 (0.02)		0.02	0.04	0.03		0.01 (0.01)	0.03 (0.09)				
Fe (t2+)	0.15 (0.05)	0.19 (0.11)	0.71	0.18	0.37	0.08	5.13 (0.11)	5.35 (0.19)				
Mn			0.01				0.03 (0.01)					
Mg	0.14 (0.04)	0.20 (0.13)	0.42	0.16	0.32	0.08	3.28 (0.11)	3.10 (0.15)				
Na	0.16 (0.05)	0.16 (0.20)	0.08	0.07	0.04	1.78	0.02 (0.02)					
K	1.39 (0.10)	1.56 (0.18)	1.02	1.46	1.54	0.24	0.04 (0.02)					
Ca	0.01 (0.00)		0.02	0.01			0.01 (0.01)					
Na/(Na+K+Ca)	0.11 (0.04)	0.08 (0.15)	0.07	0.05	0.03	0.89						
Si/Al ^{IV}	3.49(0.14)	3.64(0.15)	9.3	6.33	3.97	3.22						
Fe/(Fe+Mg)							0.61 (0.01)	0.63(0.01)				

Tabla 2. Fórmulas estructurales de micas y cloritas determinadas a partir de EMPA y TEM. Cada fórmula se ha ajustado a 22 (mica) ó 28 (clorita) oxígenos equivalentes, ignorando el H₂O. Todo el Fe calculado como FeO. σ = desviación estándar de los valores medios de cada muestra.