



## Incidencia de las características mineralógicas y texturales en algunas propiedades de las pizarras de techar

### Incidence of mineralogical and textural characteristics in some properties of roofing slate

BLANCO, M.; TABOADA CASTRO, J.; MARTINEZ-ALEGRIA LOPEZ, R.

El objetivo principal de este trabajo es la realización de un análisis comparativo entre las características mineralógicas y petrográficas y las propiedades físicas (como alterabilidad, elasticidad y facilidad de labrado) de las pizarras de la Formación Agüeira.

La composición mineralógica de las muestras estudiadas es similar, sin embargo, se detectan diferencias en textura, estructura y tamaño de grano, por lo que estos últimos factores serían los responsables de las diferencias de las propiedades físicas observadas en las pizarras

**Palabras clave:** pizarras, propiedades mineralógicas, Galicia.

The aim of this work is the comparison of the mineralogical and petrographical characteristics with the physical properties (as alterability, elasticity and working facility) of the slates from the Agüeira Formation.

The mineralogy of the samples is similar, however, differences in texture, structure and grain size have been observed. Therefore it seems likely that the latter are responsible for the differences in the physical properties found in the samples studied.

**Key words:** slates, mineralogic properties, Galice (Spain)

## INTRODUCCION

La zona estudiada se encuadra en los yacimientos de pizarras del miembro medio de la Formación Agüeira (ordovícico medio a superior) situados en Valdeorras (E de la provincia de Orense, en la carretera N-120 Orense-León), hoja 190 del Mapa Geológico E.1: 50.000.

Se ha partido del conocimiento geológico del yacimiento, completado con la perforación de siete sondeos de testigo continuo que nos permitieron ver la evolución en profundidad de los diferentes niveles explotables.

La estructura dominante de la cantera está formada por un anticlinal y sinclinal tumbados (Fig. 1), siendo NP1 y NP2 los

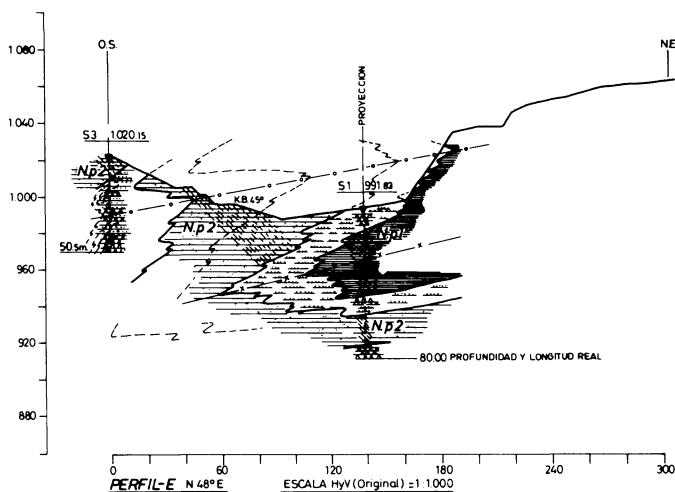


Figura 1

niveles explotables sobre los que se ha centrado el estudio, que corresponden respectivamente a pizarras negras de grano fino con óxidos y pizarras grises de grano grueso que suelen presentar manchas de carbonatos, situándose entre estos dos niveles unas pizarras con laminaciones, alguna arenisca y cuarcita.

En la figura 2, se puede apreciar la situación de los distintos niveles de pizarras que constituyen la zona estudiada, así como el emplazamiento de los sondeos realizados de los cuales se hizo la selección de las muestras más representativas de cada nivel (pizarras explotables, pizarra quemada y roca encajante), a partir de las cuales se realizaron distintos ensayos y el estudio mineralógico y petrográfico.

Además del análisis microscópico, que se describe más adelante, se realizó un análisis macroscópico sobre muestra de mano, tanto de las capas de pizarras como de las rocas encajantes, (pizarras con laminaciones, areniscas y cuarcitas), del que se obtuvieron valiosos datos para caracterizar los diferentes tipos de roca, la disposición geométrica de la capa explotable y el estado de fracturación del macizo rocoso, factores, todos ellos, que inciden de forma determinante en la explotabilidad del yacimiento (BARROS *et al.* 1985).

Entre las diferentes características definidas, señalaremos aquí la existencia, dentro de la capa explotable, de intercalaciones de la llamada «pizarra quemada», que se encuentra principalmente en el nivel NP1,

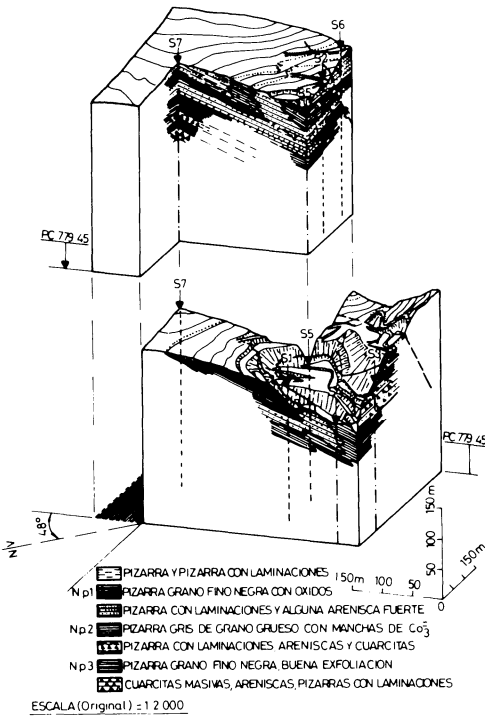


Figura 2

y que se distingue por su pérdida de brillo, su irregularidad y la aparición de escamas en los planos de esquistosidad, así como la presencia de superficies de fricción.

Estas intercalaciones de pizarra «quemada» son de importancia variable con espesores normalmente de orden decimétrico aunque ocasionalmente puede llegar a ser métrico, constituyendo su presencia un factor de pérdida de rentabilidad en la explotación.

Las características petrográficas y mineralógicas se obtuvieron tras el estudio de 8 muestras correspondiendo la N.º 2, 3 y B1 a una pizarra de grano fino de calidad, la N.º 4 y 5 a pizarras de grano medio con laminaciones arenosas, la N.º 6 y 7 a pizarras de muy mala calidad con grano grueso y la presencia de cuarcitas, conocidas en el argot minero como «ferreño», finalmente la N.º Q1 que corresponde, según la terminología minera, a unas «pizarras quemadas».

## ESTUDIO MINERALOGICO

El estudio mineralógico se realizó mediante la técnica de difracción de Rayos X, obteniéndose diagramas de la fracción total y fina en agregados orientados, (BRIME, 1980, 1981) sometiendo las muestras a tratamientos con etil-glicol y calentamiento a distintas temperaturas para poder reconocer los minerales arcillosos que las constituyen, y establecer de esta forma el grado de alterabilidad que pueden alcanzar debido a sus constituyentes mineralógicos.

Como se puede ver en la figura 3, la composición mineralógica de las muestras

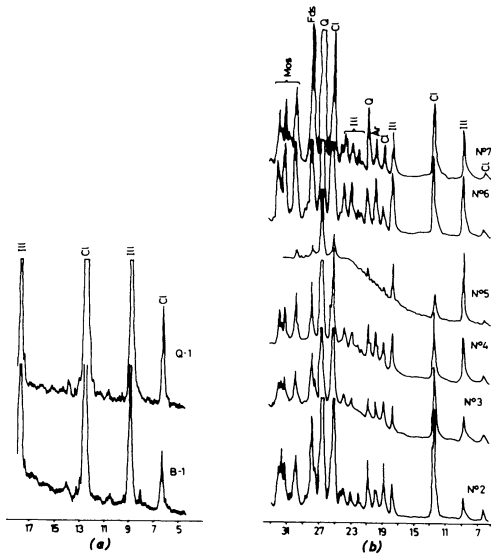


Fig. 3. (a) Diagramas de Rayos X de una pizarra quemada y otra de buena calidad.

(b) Diagramas de Rayos X de pizarras de distinta calidad.

Ill = Illita; Cl = Clorita; Ar = Arcillas indiferenciadas; Q = Cuarzo; Fds = Feldespatos; M = Moscovita.

estudiadas es prácticamente la misma, siendo sus componentes principales: cuarzo, clorita e illita, (formando estos últimos la matriz o pasta criptocristalina de estas rocas), feldespatos, carbonatos y micas.

Hay que destacar la presencia de clorita,

generada por un metamorfismo de muy bajo grado, es mayor en las muestras 2, 3 y B1, que corresponden a las pizarras de mejor calidad, disminuyendo su presencia al bajar la calidad de dichas pizarras produciéndose, en este caso, un aumento de los feldespatos y micas (hecho observado por TABOADA *et alters.* 1988).

## ESTUDIO PETROGRAFICO

Para la realización del estudio petrográfico se procedió a la preparación de láminas delgadas perpendiculares a la esquistosidad «longrain» (LE CORRE, 1968), con el objeto de conocer las características petrográficas de las distintas calidades de pizarras (RUIZ GARCIA, 1977), (textura, microestructuras, empaquetamiento, etc.) de forma que se pudiera obtener un mejor conocimiento de su calidad y alterabilidad.

Uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta en la calidad de las pizarras es la «fisibilidad», que depende más de la homogeneidad textural de la roca que del tamaño del grano (BARROS *et alters.* 1985). Generalmente la roca de tamaño de grano fino es más fisible aunque hay rocas de grano grueso con extraordinaria homogeneidad textural.

Petrográficamente, las pizarras constituyen un grupo de materiales arcillosos de gran variedad, dando como resultado unas rocas de grano fino, cuyo componente esencial son los minerales arcillosos. Normalmente, están afectadas por una esquistosidad primaria («slaty cleavage», BASTIDA, 1981) no muy generalizada y en ocasiones afectadas por esquistosidades de crenulación. Sin embargo, localmente puede observarse un metamorfismo débil que provoca la formación de clorita.

A partir del análisis petrográfico podemos indicar que las pizarras de mejor calidad son las correspondientes a las muestra B-1, 2 y 3 (Lámina 1,a), ya que presentan una textura más compacta y homogénea y

son de grano muy fino, lo que permite una mejor exfoliación en el proceso de labrado. Debemos indicar, sin embargo, la presencia en la muestra 2 de alguna microfractura rellena principalmente de carbonato con un mayor tamaño de grano que se sitúa cortando a la estratificación o esquistosidad. Se aprecia la presencia de pirita y clastos de unas 250 micras con sombras de presión rellenas de arcillas. El tamaño de grano es un poco mayor que el de la muestra 3 y se encuentra así mismo más recristalizada y con un mayor grado de metamorfismo.

Las muestras 4 y 5 (Lámina 1,b), corresponden a pizarras de baja calidad, en las que aparecen intercalaciones de pizarras de grano fino y otras de grano grueso, así como micropliegues de tipo «kink». En la muestra 5 aparece mayor cantidad de minerales opacos, pirita y presenta una incipiente esquistosidad de crenulación. Aparecen venillas de cuarzo irregulares sin presentar continuidad lateral, así como clastos de clorita de unas 250 micras. Se aprecian dos niveles de tamaño de grano y composición diferente, los de mayor tamaño de grano están compuestos principalmente por Cuarzo e Illita (o arcillas recristalizadas), la presencia de carbonatos es menos que en otras muestras. Tiene cantos de roca, y la esquistosidad corta al nivel composicional. La muestra 4 tiene una presencia mayor de carbonatos que la 5, aparece así mismo, cuarzo, opacos, arcillas recristalizadas y clorita. Las venas de cuarzo tienen poca continuidad lateral y son probablemente de exudación. Se ha observado la presencia de alguna turmalina. El tamaño de grano de la muestra 4 es mayor que el de la 5 y bastante parecido al de la muestra 7.

Las muestras de peor calidad (N.º 6 y 7), también tienen grano grueso y mayor cantidad de minerales opacos entre los que se encuentra la pirita, cuya presencia devalúa su utilización como rocas ornamentales debido a las manchas que pueden producirse tras la oxidación de la misma, además de dificultar su proceso de labrado. La muestra

6 de grano fino tiene cantos oboides de clorita detrítica a veces asociados a Illita o Moscovita, cuarzo, feldespato, y turmalina. Presenta una crenulación incipiente debilmente marcada y cantos bastante grandes de micas y clorita. La muestra 7 tiene una esquistosidad grosera con un tamaño de grano de unas 150 micras, apareciendo claros de clorita de 200 micras. Los minerales principales que aparecen son: cuarzo, plagioclasas, feldespatos, illita, clorita y moscovita, y como accesorios: carbonatos, turmalina y circón, así como minerales opacos, esencialmente pirita.

En las muestras B-1 y Q1 se aprecia la presencia de pirita con una distribución más uniforme en la B-1. Ambas muestras presentan una textura y tamaño de grano muy parecido, sin embargo, en la B-1 se aprecian mayor cantidad de clastos, restos de rocas y mayor tamaño de las piritas. La muestra Q1 presenta unas intercalaciones blanquecinas que aparecen plegadas y pueden verse en muestra de mano.

La textura pizarrosa que presentan las muestras, es producto de un metamorfismo regional de sedimentos clásticos de grano fino. Presentan una esquistosidad muy marcada (BASTIDA, 1981; GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA *et alters.* 1981), tanto en los minerales gruesos como en los finos, algunos de los cuales forman cordones de clorita que en ocasiones se pueden encontrar plegados debido a una esquistosidad de crenulación.

Las muestras de mejor calidad no presentan una microfisuración apreciable, mientras que las de peor calidad tiene una porosidad que podemos considerar normal dentro de las rocas metamórficas y que se debe a pequeñas microfisuras intergranulares, que afectan a los granos de cuarzo, feldespato, carbonato y mica, apreciándose mejor su presencia debido al mayor tamaño de sus granos.

La clorita se presenta rellenando los huecos que dejan el resto de los minerales adaptándose a sus disposiciones, su presencia

disminuye en las pizarras de baja calidad, produciéndose un aumento de las micas y feldespatos, dando como resultado la presencia de una mayor microfisuración y por lo tanto una peor calidad en dichas pizarras.

PROPIEDADES FISICAS

Siguiendo la Normativa UNE se sometieron las muestras a distintos ensayos, resistencia a la flexión, absorción de agua, peso específico, resistencia al ataque con ácidos y calentamiento, con objeto de observar la posible relación de las propiedades físicas de las pizarras normales y quemadas respecto a las características mineralógicas y texturales de las mismas.

Los resultados obtenidos en los diversos ensayos de calidad (Tabla I), realizados en las diferentes muestras sobre placas de pizarras, nos indican que respecto a la absorción de agua y en menor medida a la pérdida de peso al ataque con ácidos, no se observan variaciones significativas entre ambos tipos de pizarras (GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA *et alters.* 1981) así como tampoco en el peso específico de ambas. Sin embargo, la resistencia a la flexión de los distintos tipos de pizarras, tal y como se puede obser-

ENSAYOS SEGUN NORMATIVA UNE								
DIMENSIONES			UNE 22,191	UNE 22,193	UNE 22,197	UNE 22,198	UNE 22,195	
MUESTRA Nº	ANCHURA (cm)	ESPESOR (mm)	ABSORCION % Vol	PESPECIF g/cm <sup>3</sup>	RELACIODOC. TERMOIDC. % P.Preso	R ACIDO % P.Preso	R FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	
B-1	19,5	3,65	1,51	2,77	-	-	1039,3	
Q-1	19,5	4,60	1,60	2,77	-	-	494,4	
B-2	19,5	3,30	1,59	2,77	-	-	480,3	
Q-2	19,5	4,70	1,40	2,77	-	-	487,5	
B-3	19,5	3,40	-	-	-	0,03	745,3	
Q-3	19,5	4,85	-	-	-	0,11	379,3	
B-4	19,5	-	-	-	-	0,39	634,6	
Q-4	19,5	-	-	-	-	0,54	574,7	
B-5	19,5	-	-	-	-	0,31	579,8	
Q-5	19,5	-	-	-	-	0,87	443,6	

TABLA I. Valores obtenidos en los distintos ensayos a que se someten las muestras.

var en la figura 4, es relativamente más baja en las pizarras quemadas que en las normales, siendo necesario conseguir espesores mayores en las quemadas para igualar los valores de resistencia.

La presencia de carbonatos, detectada

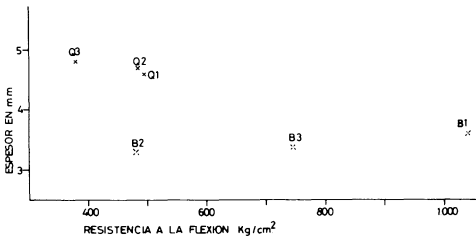


Fig. 4. Representación de los valores de resistencia a la flexión frente al espesor de la muestra.

tanto mediante los diagramas de Rayos X como petrográficamente se ve corroborada en los ensayos realizados, ya que se aprecia una pérdida de color y ligero descamamiento de las muestras sometidas a la acción de ácido. Tras ser secadas, se observan manchas en venas blancas en las superficies, lo que supone un cierto contenido en carbonatos. Por el contrario, no se observan alteraciones importantes en las muestras sometidas a cambios térmicos.

Hay que señalar, que aunque las pizarras cumplan las normas de calidad exigidas, su utilización como rocas ornamentales en construcción de cubiertas se ve condicionada por factores estéticos, como: pérdida de brillo, coloración, aspecto bronco y escamas. En otro orden, hay que resaltar la imposibilidad del labrado de las «pizarras quemadas» por debajo de ciertos espesores, lo que provoca la imposibilidad de su utilización en ciertos mercados que tradicionalmente utilizan pequeños espesores. Este tipo de pizarras «quemadas» presentan en general menos resistencia a los ensayos tecnológicos, que las pizarras comerciales.

Por último, el rendimiento en el proceso

de labrado, que condiciona el resultado económico de la elaboración de pizarras de techar se ve considerablemente disminuido al trabajar la «pizarra quemada». Las pruebas industriales realizadas con este tipo de pizarras dan unos rendimientos del 30 al 35 % respecto a la pizarra de calidad standard de la capa.

Así pues, la disminución en un 60 % de su valor en el mercado por condicionantes estéticos, así como en un 70 % en su rendimiento de labrado, hacen que los resultados económicos de su explotación lo hagan inviable. Debemos considerar, por lo tanto, las intercalaciones de pizarra «quemada» como estériles en la capa de pizarra explotable.

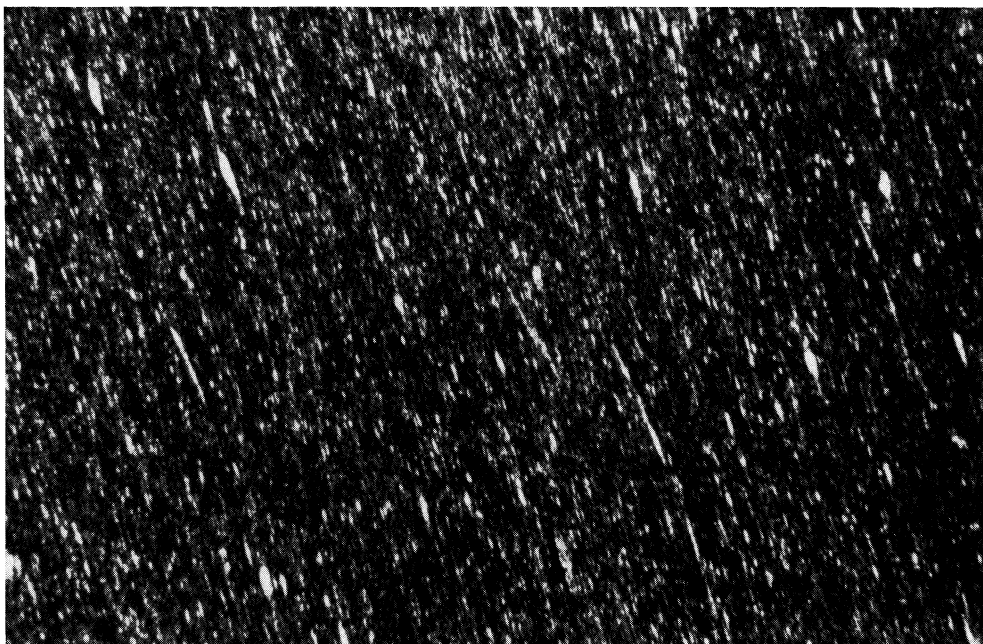
## DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Las diferencia en cuanto a composición mineralógica entre las distintas calidades de pizarras se ciñen a los minerales accesorios (considerados como impurezas en las pizarras de mejor calidad, siendo aún más abundantes en las muestras de peor calidad) mientras que, los componentes mayoritarios son básicamente los mismos.

Aunque el estudio mineralógico nos da una composición similar, el análisis petrográfico nos muestra diferencias en textura, y tamaño de grano. Teniendo en cuenta estas diferencias y los resultados obtenidos en los distintos ensayos se deduce: que la alteración es más rápida y el proceso de labrado más difícil (LOMBARDERO, 1988) en las muestras con mayor tamaño de grano y texturas más porosas, mientras que la característica más importante en cuanto a exfoliabilidad es la homogeneidad textural, siendo en este caso el tamaño de grano menos importante aunque también incida en el comportamiento de la roca al someterla a los procesos de labrado.

## BIBLIOGRAFIA

- BARROS, J. C. CASTAÑO, M., HACAR, M., LOMBARDERO, M., OLMO SANZ, A. (1985). Metodología de investigación de los yacimientos de pizarras para cubiertas. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. Vol. 10, pp. 429-444.
- BASTIDA, F. (1981). La esquistosidad primaria: una síntesis sobre sus características y desarrollo. *Trab. Geol.* Vol. 11, pp. 35-54.
- BRIME, C. (1980). Influencia del modo de preparación de las muestras en la relación  $I < 002 > / I < 001 >$  de las ilitas. *Breviora Geol. Astúrica*. Año XXIV, N.º 3-4, pp. 24-28.
- BRIME, C. (1981). Preparación de agregados orientados de arcillas para su estudio mediante difracción de Rayos X. *Breviora Geol. Astúrica*. Año XXV, N.º 1-2, pp. 13-16.
- LE CORRE, C. (1968). La microlinéation des schistes ardoisiers. Méthode d'étude photométrique. *Bull. Soc. Géol. de France*. (7), X, pp. 679-683.
- GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA, V., ORDAZ GARGALLO, J. (1981). Características físicas y de alteración frente al agua de las pizarras de Rande (A Coruña). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. Vol. 2, pp. 51-53.
- LOMBARDERO, M. (1988). Las pizarras ornamentales. *Roc. Máquina*. N.º 3, pp. 14-27.
- RUIZ GARCIA, C. (1977). Aplicaciones del microscopio en relación con la calidad de las pizarras de techar. *Bol. Geol. y Min.*, T. LXXXVIII-I, pp. 72-77.
- TABOADA, J., BLANCO, M., MARTINEZ ALEGRIA, R. (1988). Diseño de una corta de pizarra de techar a cielo abierto. Libro de *Com. VIII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*. Area G. Geol. Aplicada (1.ª parte). Vol. 6, 494-514.



**Foto 1. MUESTRA 2: Pizarra de grano fino.**



**Foto 2. MUESTRA 4: Pizarra con laminaciones arenosas.**