

# Características físicas y de alteración frente al agua de las pizarras de Rande (A Coruña)

GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA, V. (\*); ORDAZ GARGALLO, J. (\*)



## INTRODUCCION

El objeto principal del trabajo ha sido estudiar el papel jugado por el agua en materiales arcillosos, escogiendo para ello las pizarras de Rande.

Primeramente se ha efectuado un estudio detallado de las características petrográficas de estas rocas (mineralogía, textura, estructura, microfisuración). Se han calculado diversos parámetros físicos (densidad, porosidad, permeabilidad, hinchamiento), intentando relacionarlos entre sí, e interpretándolos en función de las características intrínsecas del material ensayado. Finalmente, se han discutido estos datos desde el punto de vista de su alterabilidad, aspecto éste de gran interés en el campo geotectónico.

Las explotaciones de estas pizarras están situadas al Norte de la provincia de A Coruña, en el pueblo de Rande, carretera comarcal Ribadeo-A Coruña (C-642), cerca de Espasante (hoja nº 2-Cillero, del Mapa Geológico de España, escala 1: 50.000) (fig. 1).

El principal uso industrial de estos materiales es como pizarras de techar.

## CARACTERES PETROGRAFICOS

Geológicamente, se encuentran enclavadas en el Macizo Hespérico, en la interacción de las zonas Galaico-Castellana y Astur Occidental-Leonesa, Lotze (1945-b) in Lotze (1970), incluyendo dentro del dominio estratigráfico «Olló de Sapo».

Tectónicamente, se encuadran dentro de la zona IV de Matte (1968), llamada Galicia Media Tras Os Montes; que a su vez corresponde a la zona Centro-Ibérica, según Julivert et al. (1972).

Se trata por otra parte de pizarras formadas por procesos de metamorfismo regional, a partir de sedimentos arcillosos.

Macroscópicamente, aparecen muy compactas, con diversos tonos de grises y en ellas se ha desarrollado una perfecta fisilidad, que en este caso, corresponde a una esquistosidad planar muy regular, desarrollada paralelamente a la estratificación. Esta se ve acentuada por bandas de segregación y lentejones de exudación. Según la nomenclatura de Ingram (1953), se pueden considerar pizarras «lajadas».

Los planos de fractura son bastante lisos y en ellos se pueden observar con facilidad, laminillas de moscovita siguiendo la orientación de la pizarrosidad. Son muy abundantes los sulfuros de hierro, que se presentan en lentejuelas, siguiendo los planos de la pizarrosidad.

Microscópicamente se identifican como filitas, en general grafitosas, con clorita, plagioclasa (albita) y cuarzo como dominantes, en proporciones variables. El mineral arcilloso es Illita, en muy poca cantidad (aproximadamente 6 %).

Los granos de cuarzo pre-metamórfico aparecen elongados, con extinciones normales y ondulantes. (Foto 1).

Aparece asimismo, cuarzo alotriomórfico, sin-metamórfico, formando «sombras de pre-

(\*) Dpto. de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad de Oviedo. Oviedo.

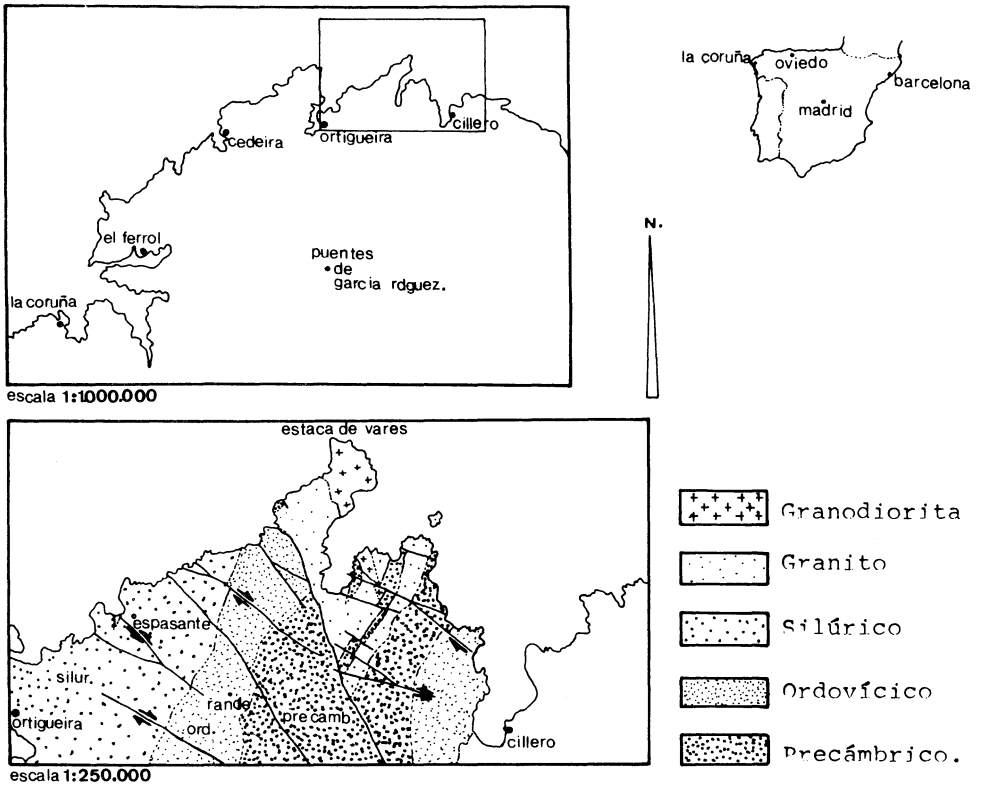


Fig. 1.— Localización de la muestra estudiada en el ámbito nacional, regional y local.



Foto 1.— Aspecto microscópico N. C. ( $\times 20$ )  
Pizarras de Rande

sión». Se presenta también el cuarzo en bandas de exudación, lenticulares, con dolomita y siderita en mosaico.

La clorita-moscovita criptocristalina, es la que forma el armazón o entramado de la roca. En algunos casos aparece curvada, con extinción anómala ondulante, bordeando a los demás granos y adaptándose a las orientaciones dadas por ellos.

La fracción precipitada (aproximadamente 7,5 %), está formada esencialmente por dolomita ferrosa, aunque en algunos casos existe dolomita pura y siderita. Acostumbra a presentarse en agregados microcristalinos de aspecto irregular, y como producto de recristalización en las bandas de exudación.

De los minerales meramente accesorios, la turmalina se presenta en granos idiomórficos. El circón aparece generalmente muy redondeado. Entre los opacos, los minerales de hierro, aparecen distribuidos uniformemente por todo el material, siguiendo la dirección de la lineación (Foto 2). La anhidrita, se encuentra, en ocasiones, también como accesorio.

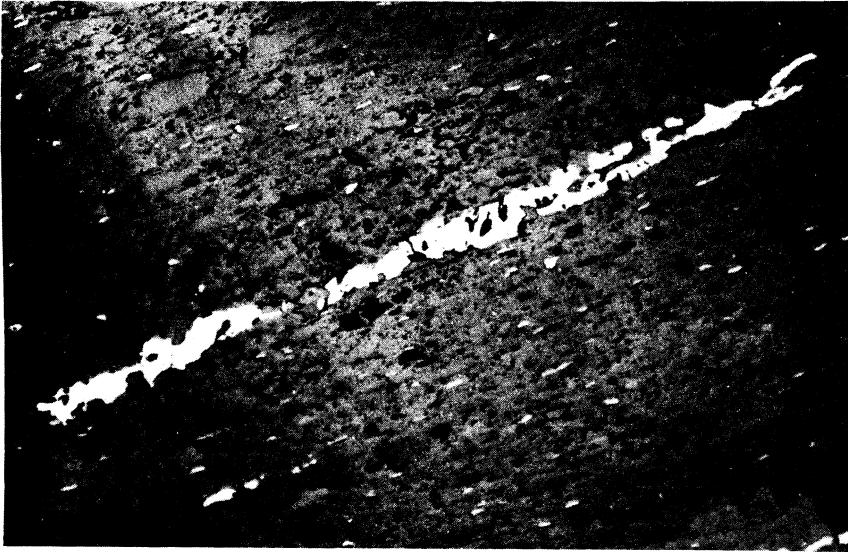


Foto 2.—Opacos siguiendo la dirección de la lineación (Reflexión  $\times 4$ ).

La textura de estos materiales es típicamente pizarrosa, característico es el elevado grado de orientación paralela del cuarzo, plagioclasa, clorita y moscovita.

Por lo general, las muestras estudiadas están muy poco microfisuradas. Solamente en algunos cuarzoes, se observan algunas microfisuras intragranulares. Se han observado también algunas fisuras recristalizadas por carbonatos, de poca amplitud (aproximadamente 30 micras).

## PROPIEDADES FISICAS

Al existir muchos criterios, respecto al método de determinación de las propiedades físicas de los materiales rocosos, se ha creído conveniente seguir las sugerencias dadas por Zaleskii (1964), aunque adoptando la nomenclatura recomendada por la Internacional Society for Rock Mechanics (Committee on laboratory Test, Document n° 2, 1972).

En la Tabla I se analizan las propiedades físicas calculadas para las pizarras de Rande.

**TABLA I**

Propiedades físicas		Valores
Densidad de los granos minerales ( gr./cm <sup>3</sup> ).	( $\rho_g$ )	2,78
Densidad aparente de la roca seca ( gr./cm <sup>3</sup> ).	( $\rho_d$ )	2,75
Porosidad total ( % ).	( n )	1,07
Porosidad abierta ( % ).	( n <sub>o</sub> )	1,06
Grado de relleno de poros ( % ).	( S <sub>r</sub> )	99,06
Indice de vacíos ( % ).	( i <sub>s</sub> )	0,40
Permeabilidad ( mdcy).	( K )	0,9 x 10 <sup>-3</sup>
Coef. de hinchamiento.	( $\epsilon_s$ )	0,00018

Tabla I.—Cuadro de las propiedades físicas de las pizarras de Rande.

Asimismo se ha calculado la permeabilidad, al aire, en condiciones de sequedad total, ambiental y de saturación para distintas muestras.

Para las mediciones de permeabilidad se ha utilizado un parámetro discontinuo de carga variable, basado en el aparato propuesto por Thenoz (1966).

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla II.

**TABLA II**

Sequedad total	Cond. ambientales (748 mm. 20°C, 90 % humedad)	Cond. de saturación
0,9 x 10 <sup>-3</sup> mdcy	0,3 x 10 <sup>-3</sup> mdcy	0,2 x 10 <sup>-4</sup> mdcy

Tabla II.—Cuadro de permeabilidades de las pizarras de Rande.

Como puede observarse, la mayor permeabilidad la muestran los materiales que previamente habían sido desecados, mientras que las muestras saturadas (en la que los poros y fisuras se hallan rellenas de agua), los valores son mucho más pequeños.

Con respecto al hinchamiento, según Wahlstrom (1973), este fenómeno se debe principalmente a procesos físico-químicos: absorción de agua, por parte de los minerales arcillosos; absorción de agua (que es atraída y retenida por partículas minerales) e hidratación.

El hinchamiento libre (no confinado) fue medido con un aparato diseñado por J. Ordaz (1976), basado en las recomendaciones de la ISRM para este tipo de ensayo. Este aparato registra simultáneamente las deformaciones absolutas en las tres direcciones perpendiculares, mediante relojes comparadores de 1/1.000 mm. de precisión.

En la Fig. 2, se muestran las curvas de expansión, con respecto al tiempo, de la pizarra de Rande.

Según la clasificación de Duncan **et al.** (1968), para valores obtenidos de  $\epsilon_s$ , las pizarras de Rande se incluyen dentro de las llamadas «Cementadas».

Por otra parte, la variación del contenido en agua, en las rocas blandas, conduce a lo largo

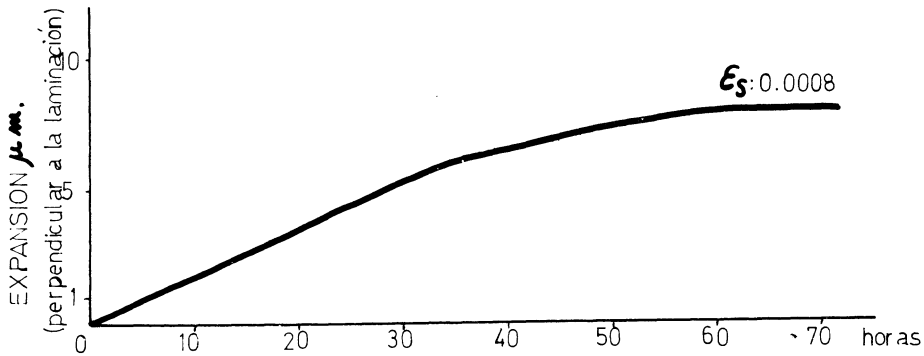


Fig. 2. — Curvas de hinchamiento libre con respecto al tiempo.

de repetidos ciclos de hinchamiento-sequedad a un deterioro físico progresivo de su estructura.

Así, la Fig. 3, representa las gráficas que relacionan los valores de la permeabilidad con los diferentes ciclos ensayados. Se observa que al aumentar los ciclos de hinchamiento, aumenta la permeabilidad. Esto es debido a que dichos ciclos producen microfisuras en los minerales, debido principalmente a varias causas: a) aumento en volumen de las partículas de arcilla, debido a la acción del agua, b) expansión térmica, irreversible y c) grietas originadas por desecación (Gómez Ruiz de Argandoña, V. (1980).

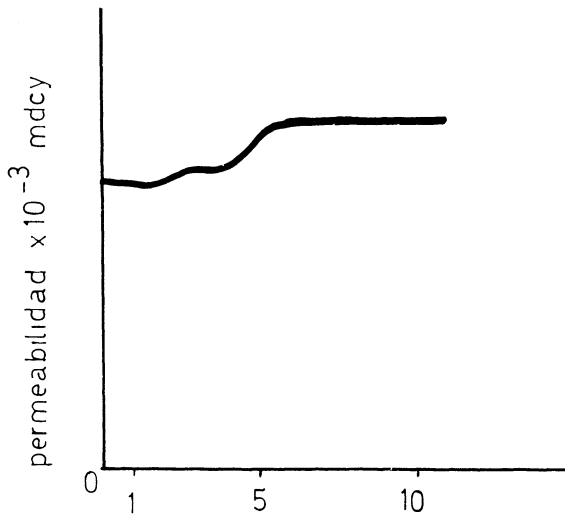


Fig. 3. — Relación de la permeabilidad con el número de ciclos

Debido a este aumento de la permeabilidad, se incrementa la superficie específica atacada por el agua, y consecuentemente el coeficiente de hinchamiento.

En la Fig. 4, se pueden ver los valores del coeficiente de hinchamiento libre, frente a los ciclos realizados.

Duncan *et al.* (1968) encontraron que la relación entre el coeficiente de hinchamiento y el

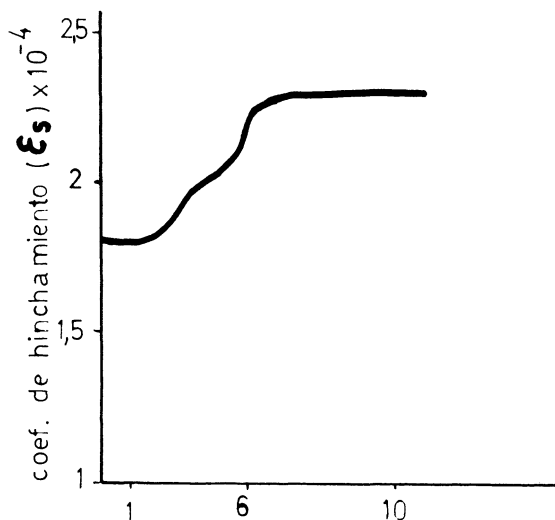


Fig. 4.—Relación del coeficiente de hinchamiento con el número de ciclos

índice de vacíos es de carácter logarítmico; siendo esta interrelación de gran importancia, ya que de esta forma es posible predecir, con bastante aproximación, la extensión del hinchamiento conociendo de antemano el índice de vacíos.

Se ha observado que el coeficiente de hinchamiento de estos materiales depende en gran medida de: a) del tipo y abundancia de los minerales arcillosos; b) de factores mineralógicos (como la presencia o no de otros componentes más o menos expansivos, como la clorita) y c) de factores texturales (carácter de la laminación).

Así, la **intensidad**, depende principalmente de factores mineralógicos (cantidad y naturaleza de los minerales arcillosos), sin olvidar condiciones de tipo petroestructural.

La **duración**, está influenciada principalmente por la textura, la cual viene condicionada a su vez por la porosidad y la permeabilidad de la roca.

Por otra parte se ha observado, que el tiempo de duración de cada ciclo de hinchamiento disminuye con el número de ellos, donde la fracción arcillosa es escasa, y por lo tanto los caracteres texturales juegan un papel determinante (Fig. 5).

Además, en la pizarra de Rande el hinchamiento es anisótropo, puesto que el hinchamiento es mucho mayor en vertical (perpendicular a la pizarrosidad o estratificación) que en las otras dos direcciones ortogonales del espacio.

## ACCION DEL AGUA EN LA ALTERABILIDAD

Es un hecho frecuentemente observable, que una gran parte de materiales arcillosos se desintegran o debilitan cuando se exponen a cambios repetidos bajo la acción del agua.

Luttón (1977), establece una serie de índices ( $I_1$ ), que corresponden a diferentes respuestas de las pizarras frente a la acción, por inmersión, del agua.

Dicha escala abarca del 1 al 6, correspondiendo el 1 a las pizarras que se degradan totalmente, y el 6 a las que no sufren ningún cambio aparente.

Las pizarras de Rande corresponden al índice 6.

El tiempo de permanencia en agua es un factor destacable, así como las condiciones ambientales, propiedades físicas y químicas.

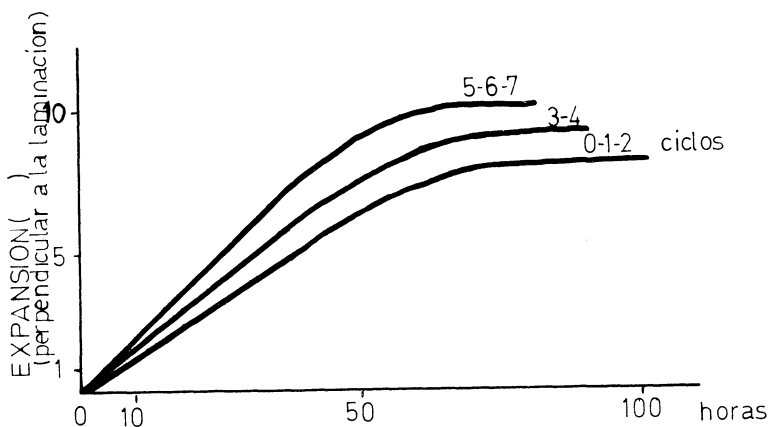


Fig. 5. — Relación del tiempo con el número de ciclos

Por otro lado, el cambio repetido de la humedad, es uno de los factores más importantes en la meteorización de las pizarras. El desmoronamiento de la roca se acelera con la alternancia de ciclos de saturación/ sequedad ambiental.

Las pizarras de Rande, han sido poco afectadas por los ciclos y no se ha visualizado ningún rasgo de fracturación en los 20 ciclos efectuados. Siguiendo la clasificación propuesta por Deo *et al.* (1974), los materiales estudiados se incluyen en el grupo 3, como rocas nada o muy poco afectadas después de los 5 ciclos. A lo largo del ensayo se observó una cierta pérdida de material, por conminución o desprendimiento de partículas superficiales, del orden de 0,003 %.

En cuanto a la variación de la capacidad de absorción de agua, después de los ciclos de saturación/sequedad ambiental, se ha visto que existe un ligero aumento en el índice de vacíos, debido a que el contener relativamente pocos minerales arcillosos, las pizarras se ven poco afectadas por el agua (Tabla III).

**TABLA III**

Pérdida de peso (%)	Índice de vacíos ( $i_s$ )	Índice de vacíos después de los ciclos ( $i_s$ )
0,003	0,40	0,41

## CARACTERIZACION GEOMECANICA

Las pizarras de Rande pueden ser definidas, desde el punto de vista de su calidad geomecánica, como pizarras muy poco afectadas por el agua, de escaso hinchamiento, y de gran durabilidad.

Según la clasificación propuesta por Duncan (1969) para materiales pizarrosos, los materiales estudiados se encuadrarían dentro de los considerados como «endurecidos» (indurated).

A lo largo del estudio realizado se ha podido constatar una estrecha correlación entre las características petrográficas (mineralogía, textura y estructura) y las propiedades físicas determinadas. La caracterización geomecánica de las pizarras de Rande — al igual que otros grupos de pizarras— está condicionada fundamentalmente por los siguientes caracteres petrográficos y parámetros petrofísicos: la naturaleza y proporción de la fracción arcillosa; la anisotropía textural y estructural; la permeabilidad y el coeficiente de hinchamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- DEO, P.; WOOD, L. E. & LOWELL, JR. C. W. (1974). «Use of shale in embankments». National Research Council, Transportation Research Board, Special Report, 148; pp. 87-96.
- DUNCAN, N. (1969). «Engineering Geology and Rock Mechanics». Vol. 1-2. Leonard Hill. Londres.
- DUNCAN, N.; DUNNE, M. H. & PETTYS (1968). «Swelling characteristics of rocks». Water Power, Mayo, pp. 185-192.
- GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA, V. (1980). «Estudio sobre las características físicas y de alterabilidad frente al agua de algunos materiales pizarrosos». Tesis de Licenciatura. Dpto. de Petrología y Geoquímica. Universidad de Oviedo. Junio 1980.
- INGRAM, R. L. (1953). «Fissility of mudrocks». Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 64, pp. 869-878.
- I. S. R. M. (1972). «Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties and swelling and slake-durability index properties». Committee on laboratory test. International Society for Rock mechanics. Document n.º 2.
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A. & CONDE, L. (1972). «Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, Escala 1:1.000.000». Inst. Geológico y Minero de España. Madrid.
- LOTZE, F. (1945). «Observaciones respecto a la variscides de la Meseta Ibérica». Public. Extr. sobre Geología de España. T. V. pp. 149-166. Madrid 1950.
- LOTZE, F. (1970). «El cámbrico de España». Memorias del I. G. M. E., T. 75. pp. 155-161. Madrid.
- MATTE, PH. (1968). «La structure de la virgation hercynienne de Galicie (Espagne). Trab. Lab. de Geol. Universidad de Grenoble. T. 44, pp. 153-281.
- ORDAZ, J. (1976). «Sobre el hinchamiento de algunas rocas blandas». Memorias del Simposio Nacional sobre Rocas Blandas. Vol. 1, comunicación A-5. 5p. Madrid.
- THENOZ, B. (1956). «Mesure de la permeabilité et de la porosité des roches très compactes». C. R. Ac. Sc. Fr. T, 243, pp. 289-291.
- WAHLSTROM, E. E. (1973). «Tunneling in rock». Elsevier. Londres. New-York. 250 p.
- ZALESSKII, B. V. (Ed.) (1967). «Physical and mechanical properties of rocks». Israel Program for Scientific translation, Jerusalem, 152 p.