

DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA Y HIERRO EN ROCAS PIZARROSAS MEDIANTE MEDICION DE SU COLORACION

M. Gutiérrez Claverol* y M. Encinas**

RESUMEN

El análisis de diferentes pizarras paleozoicas ha permitido establecer una correlación positiva entre el contenido en materia orgánica, así como en hierro, y su coloración, medida con un reflectómetro.

Las curvas que mejor se ajustan a los datos obtenidos son las de tipo hiperbólico, con coeficientes de correlación superiores a 0,9. La presencia de carbonatos influye notablemente en el color de las rocas, aumentando los valores de reflectividad.

Se propone la utilización de un reflectómetro, o de la carta de colores de Munsell, como un método fácil, rápido y bastante preciso para estimar el porcentaje de materia orgánica y de hierro en este tipo de rocas pelíticas.

Palabras clave: *Materia orgánica, Hierro, Coloración, Pizarras, Paleozoico, Munsell, Zona Cantábrica, España.*

ABSTRACT

The study of several Palaeozoic shales has allowed to establish a definite correlation between organic matter, or iron content, and colour (as determined with a reflectometer).

Hyperbolic curves obtained by plotting the data, show correlation coefficients above 0.9. Colour in rocks is influenced by carbonate content whereas reflectivity is increased by it.

Use of a reflectometer, or the Munsell chart of colours, is then proposed as an easy, fast and accurate enough method of estimating organic matter or iron content on this type of pelitic rocks.

Key words: *Organic carbon, Iron content, Color value, Palaeozoic shales, Munsell color, Cantabrian Zone, Spain.*

Introducción. Metodología utilizada

En este trabajo se han utilizado más de 80 muestras de rocas pizarrosas *s.l.* representativas de todas las formaciones litoestratigráficas paleozoicas de la Cordillera Cantábrica, desde el Cámbrico hasta el Carbonífero, procedentes, en su mayor parte, de los cortes del Bernesga (León) y del Cabo Peñas (Asturias).

Asimismo, se ha elaborado alguna muestra sintética a fin de cubrir porcentajes de materia orgánica ausentes en las naturales.

Sobre cada roca se han realizado cinco determinaciones: contenido en materia orgánica y carbonatos, porcentaje de hierro, medida de la reflectividad y de la coloración.

La *materia orgánica* se ha estimado según el método de oxidación con dicromato. Una cantidad pesada de muestra molida se trata en medio sulfúrico con solución valorada de dicromato potásico. El ex-

ceso de dicromato se neutraliza con una solución de sulfato ferroso, de normalidad conocida y, a su vez, el exceso de sal ferrosa se valora, por retorno, con solución de dicromato, empleando difenilamina como indicador.

El *análisis de hierro* se efectuó por Absorción Atómica y el *porcentaje de calcita* utilizando un calcímetro convencional.

La *reflectividad* se determinó mediante un reflectómetro fotoeléctrico de la casa Evans Electroelenium Limited (Halstead Essex, Inglaterra), comercializado para la determinación de la coloración de humos recogidos en filtros de papel.

El equipo consiste en un cabezal de medida y en una unidad medidora. En el primero, la luz proveniente de una lámpara de 6V-3W es dirigida a través de un orificio circular sobre una superficie perfectamente blanca. La luz reflejada incide sobre una fotocélula acoplada a un medidor sensible, cuya aguja se hace coincidir con el 100 de la escala, mediante

* Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.

** Departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Universidad de Oviedo.

los mandos del aparato. Las mediciones de las muestras se realizan de la misma manera, cubriendo con una porción de polvo de cada una de ellas la zona de superficie donde incide el rayo de luz, obteniéndose valores de 0 a 100, según su tonalidad.

La *coloración* se halló mediante la «Carta de colores de rocas» de la Sociedad Geológica de América (Goddard *et al.*, 1970), basada en el sistema Munsell, ya que es la más divulgada en el mundo geológico. Sobre polvo seco de la muestra triturada en un mortero se han medido las tres características del flujo luminoso: matiz («hue»), saturación («chroma») y, sobre todo, brillo («value» o «lightness»).

Resultados experimentales

Contenido en materia orgánica

Representando la materia orgánica, en abscisas, frente a la reflectividad, en ordenadas, se obtiene una nube de puntos (fig. 1) que permite definir dos curvas diferenciadas. Una está representada por las muestras en cuya mineralogía están ausentes los carbonatos (fig. 2) —o éstos son inferiores al 0,75% del total— y otra por las pizarras que sí contienen carbonatos (fig. 3).

Los pares de valores experimentales fueron procesados informáticamente con objeto de obtener la expresión matemática más representativa de los mismos.

En el caso de pizarras sin carbonatos (fig. 2) la función más representativa es una ecuación potencial ($Y = 27X^{-0,4}$) con un coeficiente de correlación de 0,96.

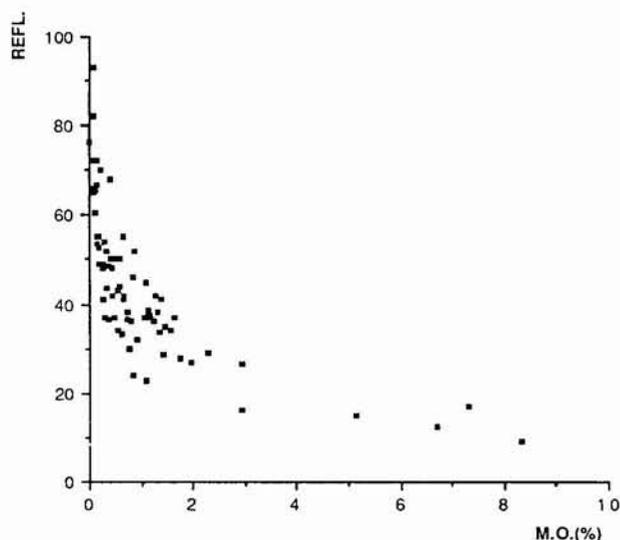


Fig. 1.—Nube de puntos resultante de representar el contenido en materia orgánica versus reflectividad.

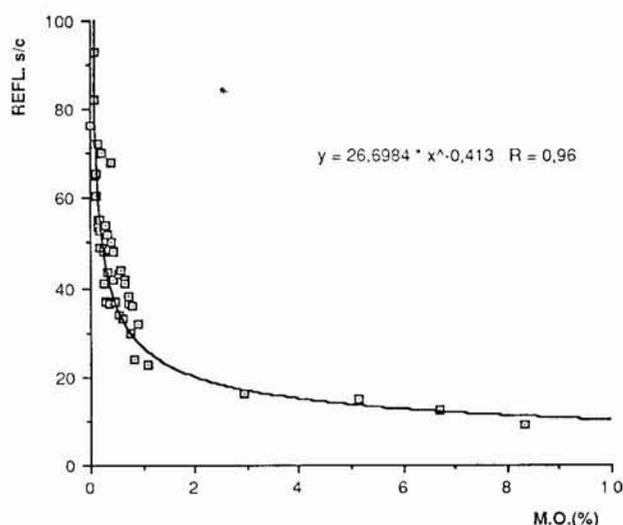


Fig. 2.—Curva obtenida representando la materia orgánica versus reflectividad en pizarras sin carbonatos.

Cuando las pizarras contienen carbonatos (fig. 3) los valores de reflectividad son más altos que en el caso anterior, para idénticos porcentajes de materia orgánica, como queda demostrado en la figura 1. La curva obtenida se corresponde también con una función hiperbólica ($Y = 37X^{-0,3}$) con un coeficiente de correlación de 0,94, estimado alto, al igual que el precedente, a tenor de la heterogeneidad mineralógica, textural y cronológica de las muestras utilizadas.

Valores de reflectividad del orden de 25 se corresponden con contenidos en materia orgánica superiores al 1%, mientras que reflectividades próximas a 15 son típicas de concentraciones por encima del 3%. De donde se concluye que a partir aproximadamente del 2% de M.O., la estimación de ésta se hace crítica ya que sufre un gran incremento con pequeños cambios en la reflectividad. Este hecho tiene escasa trascendencia práctica ya que sólo el 6% de las muestras estudiadas superan el 2% en M.O., concentrándose exclusivamente en la formación Vegamian (Tournaisiense) y en algunas pizarras pertenecientes al Carbonífero productivo.

De las curvas anteriores se deduce que cuando el valor de la reflectividad es de 25, el contenido en M.O. varía desde un 1%, en pizarras sin carbonatos (fig. 2), hasta el 3-4%, en el caso de pizarras con carbonatos (fig. 3). Estos datos están en contradicción con los expresados por Schmoker (1980) y por Hosterman y Whitlow (1983) para pizarras devónicas de los Apalaches, según los cuales la presencia de carbonatos disminuye el valor del brillo —y por tanto la reflectividad— para idénticos porcentajes de materia orgánica.

Parte de las muestras provenientes de testigos de

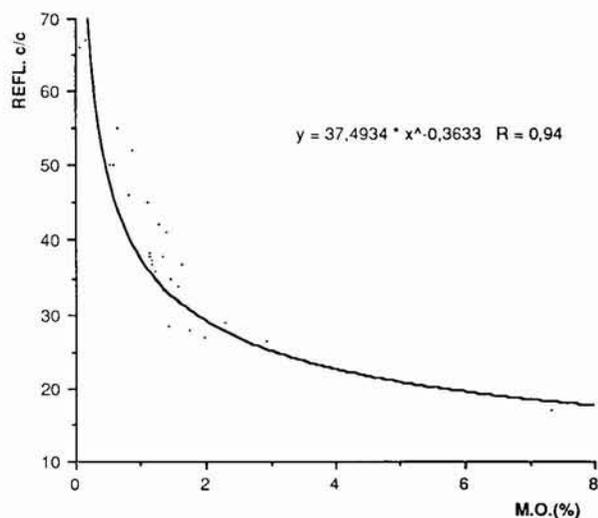


Fig. 3.—Curva obtenida representando la materia orgánica versus reflectividad en pizarras con carbonatos.

sondeos de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias, que no han sido reflejadas en los gráficos, han dado valores anómalos de reflectividad, del orden de 3 ó 4 unidades superiores a lo que le correspondería según su contenido en materia orgánica. Este hecho parece atribuible a que estas pizarras contienen abundantes restos vegetales y gránulos carbonosos dispersos que acentúan su carácter heterogéneo.

Al objeto de conseguir una mayor operatividad se determinó la coloración de cada muestra por comparación visual con las tablas de colores de rocas. Tam-

bién se midió reflectividad de diferentes colores sobre las tablas a fin de establecer criterios comparativos.

En la Tabla 1 se aprecia que casi la mitad (46%) de las pizarras ensayadas poseen un color gris oliva (designaciones 5Y6/1, 5Y5/2 y 5Y4/1) y cerca del 90% de las muestras poseen un brillo —numerador de la fracción que aparece al final de la designación— con valor comprendido entre 4 y 6.

Es importante destacar que la reflectividad medida sobre el color obtenido en la tabla (columna D, Tabla 1), correspondiente a las distintas pizarras, se aproxima mucho a los valores mínimos medidos sobre las muestras (columna C). Lo que significa que en la estimación del color con la tabla se comete un error de percepción visual, por defecto, en el valor del brillo.

También se observa que la reflectividad posee una estrecha relación con el brillo, pudiendo ser estimada, de una manera aproximada, elevando al cuadrado el valor del brillo obtenido con la tabla de colores.

En la figura 4 se representa la variación de la reflectividad en función del brillo de colores neutros (es decir, que no poseen ni matiz ni saturación) correspondientes a tres tablas de colores de rocas —dos de la Sociedad Geológica de América y una editada por la Junta de Energía Nuclear de España—. Son evidentes las diferencias de reflectividad según la tabla utilizada, especialmente en la zona de valores altos del brillo, llegándose a alcanzar diferencias de hasta 17 puntos en el caso del color N8 (gris muy claro). Esta es una fuente potencial de errores que hay que tener en cuenta.

Tabla 1.—Colores más frecuentes de las pizarras con sus valores de reflectividad y contenido en materia orgánica

| Color | A | B | C | D | E | F |
|--------------------|---------|----|-------|----|-----------|-----------|
| Gris muy claro | N8 | 5 | 72-93 | 76 | 0,00-0,10 | — |
| Gris claro | N7 | 5 | 50-68 | 53 | 0,40 | 0,07-0,6 |
| Amarillo negruzco | 5Y6/4 | 9 | 41-55 | 42 | 0,16-0,30 | — |
| Gris verdoso | 5GY6/1 | 6 | 36-60 | 41 | 0,05-0,80 | — |
| Gris oliva claro | 5Y6/1 | 16 | 32-67 | 42 | 0,34-0,90 | 0,14-1,2 |
| Gris pardo claro | 5YR6/1 | 3 | 38-55 | 41 | 0,15-0,17 | 1,32 |
| Gris medio claro | N6 | 2 | 35-52 | 38 | — | 0,80-1,45 |
| Marrón oliva claro | 5Y5/6 | 3 | 48-52 | 29 | 0,17-0,25 | — |
| Gris oliva claro | 5Y5/2 | 15 | 37-49 | 28 | 0,20-0,70 | — |
| Gris medio | N5 | 10 | 24-39 | 29 | 0,50-0,80 | 1,05-1,16 |
| Marrón pálido | 5YR5/2 | 2 | 28-30 | 28 | 0,75 | 1,42 |
| Gris pardo | 5YR4/1 | 5 | 27-38 | 22 | 0,60 | 1,32-1,9 |
| Gris oliva | 5Y4/1 | 15 | 26-42 | 20 | 0,30-0,60 | 1,22-2,93 |
| Gris medio oscuro | N4 | 2 | 23-28 | 19 | 1,07 | 1,42 |
| Marrón amar. osc. | 10YR2/2 | 1 | 17 | 13 | — | 7,32 |
| Negro parduzco | 5YR2/1 | 1 | 9 | 10 | 8,35 | — |

A) Designación del color, B) Porcentaje de muestras, C) Reflectividad de las pizarras, D) Reflectividad de los colores en la tabla, E) Porcentaje de M.O. en muestras sin carbonatos, F) Porcentaje de M.O. en muestras con carbonatos.

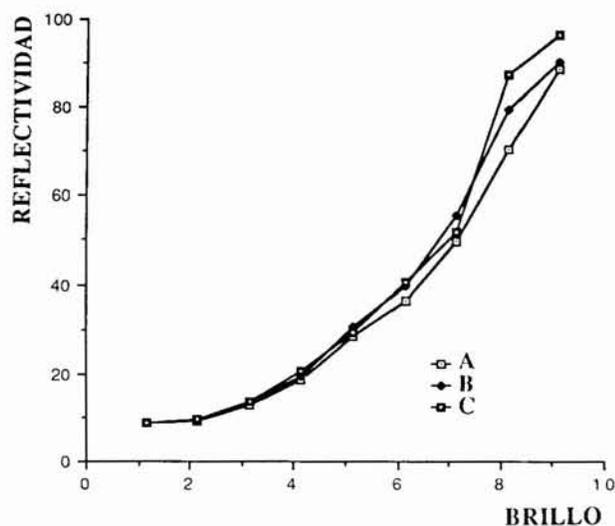


Fig. 4.—Relación entre el brillo y la reflectividad de colores neutros en diferentes tablas de colores de rocas. A y B: tablas de la Sociedad Geológica de América. C: tabla de la Junta de Energía Nuclear de España.

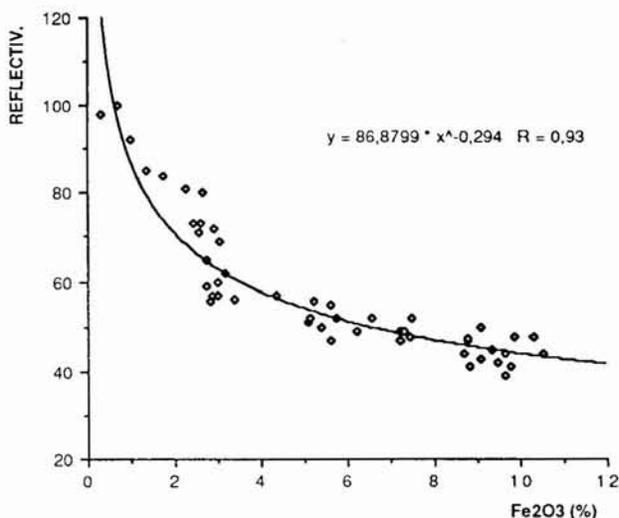


Fig. 5.—Curva obtenida al representar el contenido en hierro versus reflectividad.

Contenido en hierro

Con las mismas muestras utilizadas anteriormente se intentó observar si existían otras interrelaciones entre el color y alguno de los constituyentes de las rocas. A tal fin se calcinaron las muestras a 850° C con objeto de eliminar, fundamentalmente, la materia orgánica y los carbonatos. A continuación se determinaron la reflectividad y la coloración de las mismas, contrastándolas con su contenido en hierro.

En la figura 5 se representa el contenido en Fe_2O_3 (expresado como hierro total) frente a la reflectividad. La función más representativa de la curva es

una ecuación del tipo $Y = 87X^{-0,3}$, con un coeficiente de correlación de 0,93, del mismo orden de magnitud que los obtenidos en las curvas de M.O. (figs. 2 y 3).

En la Tabla 2 se recogen los resultados experimentales obtenidos, comprobándose que una gran mayoría de las pizarras (79%) tienen un color marrón claro a moderado (designaciones 5YR6/4, 10YR6/2, 5YR5/6, 10YR5/4 y 5YR4/4), distribuyéndose el resto entre gris muy claro, rosa, naranja y rojo pálido. Los valores de reflectividad obtenidos al medir los colores de la tabla (columna D), son significativamente inferiores, con escasas excepciones, a los determinados sobre las muestras (columna C).

Tabla 2.—Colores más frecuentes en pizarras calcinadas con sus valores de reflectividad y contenido en hierro

| Color | A | B | C | D | E |
|-------------------------|---------|----|-------|----|----------|
| Blanco | N9 | 2 | 98 | 80 | 0,3 |
| Rosa grisáceo | 5R 8/2 | 2 | 100 | 80 | 0,7 |
| Naranja muy pálido | 10YR8/2 | 2 | 92 | 80 | 1,0 |
| Rosa anaranjado gris | 5YR7/2 | 10 | 80-85 | 58 | 1,3-2,4 |
| Marrón claro | 5YR6/4 | 13 | 69-73 | 46 | 2,6-3,0 |
| Marrón amarillento pál. | 10YR6/2 | 2 | 62 | 42 | 3,2 |
| Rojo pálido | 10R6/2 | 2 | 52 | 47 | 5,1 |
| Naranja rojizo moderado | 10R6/6 | 3 | 44-47 | 53 | 5,6-10,5 |
| Marrón claro | 5YR5/6 | 44 | 47-57 | 36 | 2,8-7,5 |
| Marrón amarillento mod. | 10YR5/4 | 5 | 48-55 | 35 | 5,6-7,4 |
| Marrón moderado | 5YR4/4 | 15 | 40-45 | 26 | 8,8-9,8 |

A) Designación del color, B) Porcentaje de muestras, C) Reflectividad de las pizarras calcinadas, D) Reflectividad de los colores en la tabla, E) Porcentaje de Fe_2O_3 .

Conclusiones

Existe una buena correlación entre la reflectividad de las pizarras paleozoicas estudiadas en este trabajo y su contenido en materia orgánica. Las curvas de regresión que se presentan permiten estimar, con el uso de un reflectómetro, rápidamente y con bastante precisión, la materia orgánica contenida en este tipo de rocas.

Asimismo, se alcanzan resultados aceptables utilizando tablas de colores de rocas. En ambos casos es muy importante comprobar la presencia de carbonatos.

Del mismo modo, se puede obtener el porcentaje de hierro existente en rocas pizarrosas, determinando la reflectividad del polvo de las muestras calcinadas, o el color de las mismas, mediante tablas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al especialista anónimo que ha revisado este trabajo sus comentarios y sugerencias.

Referencias

- Goddard, E. N., Trask, P. D., de Ford, R. K., Rove, O. N., Singewald, J. T., y Overbeck, R. M. (1970): «Rock-color chart». *Geol. Society of America*, New York.
- Hosterman, J. W. y Whitlow, S. I. (1983): «Clay mineralogy of Devonian shales in the Appalachian basin». *Geol. Survey Profes. Paper*, n.º 1298, 31 p.
- Schmoker, J. W. (1980): «Organic content of Devonian shales in the western part of the Appalachian basin». *U.S. Geological Survey. Open-File Report 80-707*, 25 p.

Recibido el 29 de septiembre de 1989

Aceptado el 28 de mayo de 1990