

# TALLERES

## EL COLOR DE LOS SEDIMENTOS. COMO Y PORQUÉ

*The colour of sediments. How and why*

Nuno Lamas Valente (\*)

### RESUMEN

*En este trabajo se presenta un conjunto de ideas sobre el origen del color de los sedimentos, empezando por la cuestión de los pigmentos (esencialmente Óxidos de hierro y Materia Orgánica). Se presentan las condiciones geoquímicas en que cada uno se origina, asociando las diversas coloraciones a los paleoambientes sedimentarios. Se concluye sobre la utilidad de este abordaje en la enseñanza de la Geología Exógena para jóvenes.*

### ABSTRACT

*This paper deals with the colours of sediments, its origin and significance. Some general ideas about the main pigments (iron oxides and organic matter) are presented, followed by some considerations on the paleoenvironmental conditions necessary for each one to be present. Finally, several examples of coloured sandstones, claystones and limestones are interpreted. This approach is proposed as an important tool for geosciences education on geochemistry and surface environments processes.*

**Palabras Clave:** Sedimentología, Colores, Alteraciones, Enseñanza.

**Keywords:** Sedimentology, Colours, Weathering, Teaching.

### INTRODUCCIÓN

Cuando miramos una roca sedimentaria, en la costa con sus capas, en una barrera del camino o en una muestra de la mano, en general intentamos saber que roca es y enseguida pensar como se ha formado... Empezamos pronto a hablar de calizas y de areniscas, de margas y de arcillas, decimos que es compacta o de grano grueso, de ambiente marino o continental, pero nos olvidamos de lo que es más obvio: su color y las causas que originan ese color. El color nos parece algo tan natural que no le damos importancia: estamos tan acostumbrados a ver calizas blancas y arenas amarillas, que muchas veces ni lo decimos o escribimos.

¿Pero cuántas veces las calizas no son blancas, sino amarillas, grises o incluso negras? ¿Y las arenas, cuántas veces son blancas como la nieve o rojas como la sangre? Y sin embargo, estamos siempre hablando de calizas que consisten esencialmente en calcita, amarilla o incolora, y de arenas que consisten esencialmente en cuarzo, incoloro o blanco. Podríamos pensar que la "culpabilidad" es de las arcillas, pero también estas no tienen ningún color en particular - son claras, grises y poco más... ¿Cuál entonces la razón para estas variaciones del color, tan fuertes y tan frecuentes?

Es que los sedimentos tienen casi siempre cantida-

des pequeñas (un bajo porcentaje) de sustancias fuertemente colorantes - los pigmentos que confieren el color, independientemente de su composición preponderante. ¿Cuáles son estos pigmentos, de dónde vienen, porqué están presentes o no en esta o esa roca sedimentaria? Todo depende de las condiciones paleoambientales en las que la roca se ha formado, como veremos.

### LOS PIGMENTOS Y LOS COLORES

Cuando pensamos en los minerales y miramos las páginas de un libro de la mineralogía con fotografías, muchas veces aparece la referencia a los elementos que confieren color, como es el litio, cobre, cromo, hierro o sulfuro, por ejemplo. Estos mismos elementos pueden estar presentes en las rocas sedimentarias, no en su componente principal, generalmente la calcita y/o el cuarzo, pero sí en los componentes accesorios, generalmente arcillas. Los pigmentos principales de las rocas sedimentarias son el hierro y la Materia Orgánica (M.O.). De su presencia y proporción resulta esencial en las coloraciones que observamos en estas rocas.

El hierro puede estar presente principalmente bajo dos formas: la hematita  $Fe_2O_3$  y la goethita  $FeO(OH)$ , siendo suficiente 1 a 2% para colorear la roca fuertemente (vd. Krauskopf & Bird, 1995). Ambas son formas de óxidos de Fe III, y la combi-

(\*) Dep. e Centro de Geologia da Fac. Ciências da Univ. de Lisboa. Campo Grande C-6, 4º. 1749-016 Lisboa. Pimentel@fc.ul.pt



nación de una molécula de la hematita con una de agua, da origen a dos de goethita, reacción que fácilmente se puede dar en ambas direcciones (vd. Krauskopf & Bird, 1995). La hematita es roja y la goethita es ocre, y de la presencia de ambos resulta el color naranja. El hierro puede también estar presente como sulfuro (Pirita,  $\text{FeS}_2$ ) o carbonato (siderita,  $\text{FeCO}_3$ ). Debido a la elevada capacidad de las arcillas para fijar otros compuestos, esos óxidos están en general agregados a las arcillas, como es el caso de la limonita, una mezcla de goethita fina y arcillas. Es por esto que, al lavar una arena coloreada, nos quedamos con agua arcillosa y coloreada por un lado, y los granos claros de cuarzo por otro.

El otro pigmento importante en las rocas sedimentarias es la Materia Orgánica (M.O.), en promedio con valores de 1 a 2% (vd. Krauskopf & Bird, 1995). En general, la M.O. resulta de la acumulación de vegetales (plantas y alga marinas), presente en los sedimentos bajo forma de compuestos orgánicos ricos en carbón e hidrógeno. Estos compuestos tienen colores negros, confiriendo a los sedimentos coloraciones grises, más o menos oscuras. De la combinación, en diversas proporciones, de estos colores básicos - rojo, amarillo, gris - resultan las coloraciones diversas observadas en las rocas sedimentarias. ¿Pero qué hace que estas proporciones varíen de una arena para otra, por ejemplo? Todo depende de las condiciones paleoambientales donde transcurrió la sedimentación.

### LA GEOQUÍMICA DE LOS COLORES

Los dos parámetros geoquímicos que caracterizan principalmente los ambientes sedimentarios son el Eh y el pH (Fig. 1). En la naturaleza, los valores del pH varían entre 2 (muy ácido) y 10 (muy alcalino), mientras que los valores de Eh pueden ir de -0.4 (muy reductor) hasta 0.8 (muy oxidante), dependiendo de los ambientes (Krauskopf & Bird, 1995). Conforme a estas diversas condiciones, los elementos como el hierro tenderán a reaccionar con el oxígeno, el

agua, el carbonato o el sulfuro, como la M.O. tenderá a reaccionar, oxidándose y decomponiéndose, o bien siendo preservada en condiciones reductoras. En otras palabras, será el par Eh/pH quien determina el tipo de compuestos colorantes que van a ser generados o a ser preservados en un sedimento (Fig. 2).

La formación de óxido e hidróxidos de hierro, es decir, de colores "calientes" resulta de ambientes oxidantes, preferentemente alcalinos, mientras que la formación de sulfuros y carbonatos de hierro, con colores "fríos", es el resultado de la reducción y de ambientes más ácidos. Por su lado, la preservación de M.O., con los colores grises, está asociada a ambientes muy o poco reductores (colores negros a grises claros), en general un poco ácidos. De estos ejemplos se deduce que los óxidos de hierro y la M.O. son casi siempre antagónicos en la naturaleza.

### LOS PALEOAMBIENTES Y LOS COLORES

Volvamos entonces a las rocas sedimentarias y a sus colores. ¿Qué significado tiene una arena blanca, naranja o gris? Una arena blanca indica una ausencia casi total pigmento, con el cuarzo y las arcillas presentando sus colores originales, en resultado de un ambiente poco oxidante y ácido, con fuerte lavado del hierro y de la M.O. Una arena naranja, al contrario, indica un ambiente claramente oxidante, con hematita y Goethita, sin M.O. preservada. Finalmente, una arena gris indica alguna preservación de M.O. en un ambiente reductor, pudiendo el hierro aparecer bajo forma de Pirita. Podríamos suponer que las arenas blanca, naranja y gris correspondieron a paleoambientes muy distintos, como por ejemplo una playa, un río y un delta, respectivamente. Y hasta puede ser el caso. Pero también podremos encontrar esas arenas con coloraciones muy diversas, apartadas solamente algunos metros o incluso centímetros. ¿Cómo es esto posible en un mismo ambiente deposicional? Debido a la heterogeneidad interna de algunos paleoambientes, como los fluviales, con los canales (oxidantes) al lado de pantanos (reductores); o

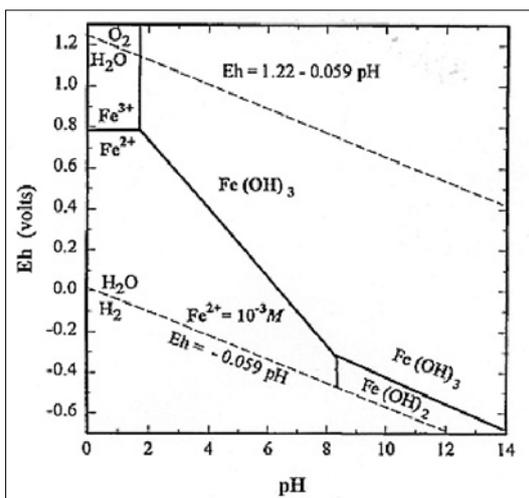


Fig. 1. Diagrama Eh / pH para Fe + H<sub>2</sub>O (in Krauskopf & Bird, 1995)

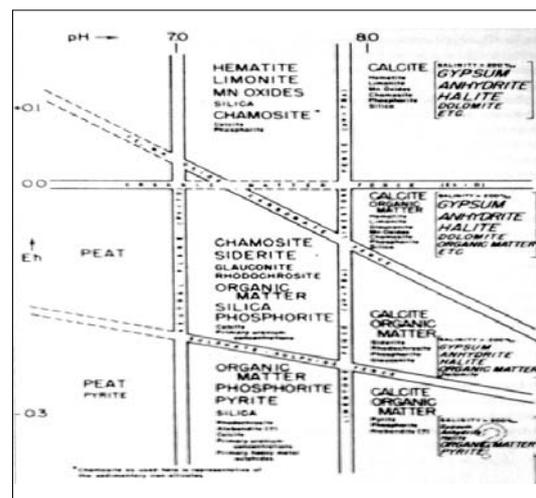


Fig. 2. Neoformaciones exógenas en diferentes Eh/pH (Krumbein & Garrels, 1952).

entonces simplemente debido a la circulación del agua (con  $O^{2-}$  y  $H^+$  disueltos) dentro de los sedimentos. Por estas razones, es frecuente observar, en un mismo afloramiento, arenas con colores muy diversos, en capas, niveles irregulares o manchas. Todo depende pues de la geoquímica del agua que circuló, durante y después de la deposición.

Lo mismo podríamos decir de las capas de arcillas que observamos en un afloramiento. Su presencia solamente indica un ambiente tranquilo, donde esas partículas finas han podido decantar y depositar. ¿Pero era un ambiente generalmente sumergido o con emersiones frecuentes? Por los colores grises podemos decir que sería un pantano, por los colores calientes podemos decir que sería una llanura de inundación, por ejemplo.

También las calizas pueden hablarnos de los ambientes donde se han depositado. Una caliza blanca indica condiciones costeras poco profundas, oxigenadas y agitadas, pudiendo presentar coloraciones amarillas o rojas, en el caso tener la exposición su-aérea y precipitación de óxidos de hierro. Ya una caliza gris o negra indicará un ambiente marino más profundo y tranquilo, con acumulación y preservación de M.O., sin los óxidos de hierro, pudiendo esto estar presente bajo forma de siderita.

## CONCLUSIONES

Los colores de los sedimentos son uno de los aspectos más visible, pero menos interpretado, en las rocas sedimentarias. La proposición de este trabajo es utilizar este aspecto como método para acercarnos un poco a la geoquímica básica de los ambientes sedimentarios y a los procesos asociados a los diferentes paleoambientes deposicionales. Más allá de la naturaleza de los sedimentos, de la presencia de fósiles o de estructuras sedimentarias, el color se puede utilizar, en el campo, en el laboratorio o en la clase, para interpretar las condiciones donde se han formado los sedimentos y para completar su ambiente deposicional. Todo esto presupone un cierto conocimiento de Química y de Geología Exógena, siendo más apropiado para alumnos de los últimos años de la Escuela Secundaria o de los primeros años de la Universidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Krauskopf, K.B. & Bird, D. (1995). *Introduction to Geochemistry* (3<sup>rd</sup> edition). McGraw Hill, 647 pp.
- Krumbein, W.C. & Garrels, R.M. (1952). Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidations-reduction potential. *Journal of Geology* 60, 1-33. ■

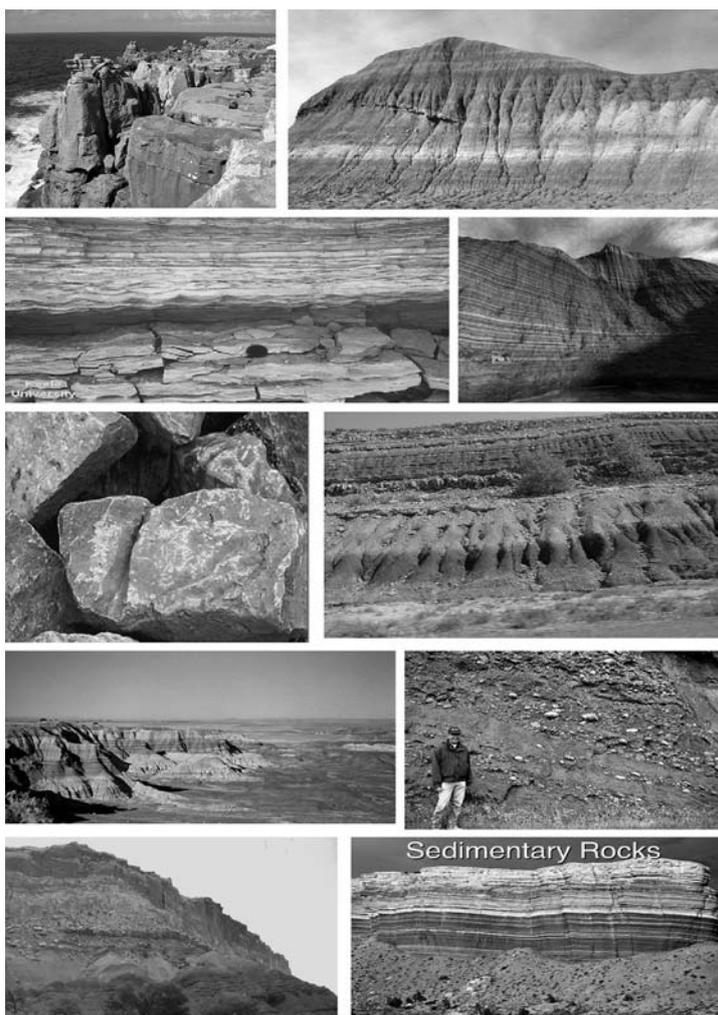


Fig. 3. Algunos ejemplos de imágenes tiradas de la Internet, dan una idea de la gran diversidad de colores de las rocas sedimentarias en la naturaleza (pero una de ellas es un paisaje informático "falso").

