

DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LA NOMENCLATURA GEOCRONOLÓGICA: UNA PROPUESTA

Learning difficulties of geochronologic nomenclature: a proposal

José A. Gallegos Díaz (*)

RESUMEN.

El objeto de la presente nota es reflexionar sobre las dificultades del aprendizaje de la nomenclatura cronoestratigráfica que encuentran los alumnos; algunas de éstas, al menos, parecen depender de la poca homogeneidad de dicha nomenclatura, resultado de la historia que ha seguido su confección. Consecuentemente, se ofrece a los profesores de Geología, una terminología para los Eones, las Eras y sus Periodos, que evita esa heterogeneidad y que parece haber encontrado eco en el órgano internacional correspondiente.

ABSTRACT.

The aim of this paper is to reflect on the difficulties that students find in the learning of the crono-stratigraphic nomenclature. At least some of these difficulties seem to depend on the lack of homogeneity resulting from the history of the making of that nomenclature already mentioned. Consequently the Geology Professors (and Lecturers) are offered a terminology for geological Aeon, Eras and Periods which avoid heterogeneity and which seem to have found echo in the corresponding International Organization.

Palabras clave: *Didáctica de la Geología, Nomenclatura cronoestratigráfica, Geocronología, Estratigrafía.*

Key words: *Geology Teaching, crono-stratigraphic nomenclature, Geochronology, Stratigraphy.*

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado (I Congreso Internacional de París, 1878), los estratígrafos tienen como meta conseguir una nomenclatura de uso universal, que acabe con la proliferación de términos sinónimos o más o menos equivalentes.

En el Congreso de 1989, la Comisión Internacional de Nomenclatura Estratigráfica presentó una propuesta bastante más coherente y sistemática que las anteriores. No obstante, quizá debido a la deuda histórica acumulada en muchos de los términos adoptados, sigue adoleciendo, en mi opinión, de una complejidad excesiva y de una relativa falta de homogeneidad que originan dificultades de aprendizaje innecesarias. Estimo que si se lleva a cabo una mayor sistematización de los términos, teniendo en cuenta razones de tipo fundamentalmente filológico (lo cual evita discusiones que pueden resultar espinosas), se eliminan muchas de esas dificultades.

Por otra parte, por lo que a los términos usados en español se refiere, también parece conveniente

eliminar las variantes que se vienen utilizando, y que se normalice (en el doble sentido de establecer una "norma" reguladora y de conseguir una "generalización de uso") la nomenclatura geocronológica por lo que se refiere a los nombres de los Eones, las Eras y los Periodos. Estas reflexiones, enfocadas desde un punto de vista didáctico, son las que se hacen a continuación.¹

En cualquier caso, no se entra ahora en la discusión ni en las relaciones entre "Cronoestratigrafía", "Geocronología" y "Geocronometría", aunque se utilicen los datos proporcionados por esta última para llevar a cabo divisiones en la historia de la Tierra. Baste recordar, simplemente, que la Cronoestratigrafía pretende ordenar temporalmente unidades estratigráficas concretas, mientras que la Geocronología delimita intervalos de tiempo sucesivos aun cuando no estén representados por materiales en las series correspondientes (la Cronometría es la parte de esta última que trata de la medición cuantitativa del tiempo geológico). (Ver, por ejemplo, Vera, 1994).

(1) Una primera propuesta referida a los Eones y las Eras, ya fue discutida en una sesión científica de la Sociedad Geológica de España (Gallegos, 1993). La ampliación y sistematización posterior que aquí se justifica desde el punto de vista didáctico, se encuentra discutida desde un punto de vista técnico en Gallegos (1994).

1. LA SITUACIÓN ACTUAL

1.1. Nomenclatura de Eones y Eras

Desde el Congreso Internacional de Bolonia (1881) se dispone de una nomenclatura sistematizada de la escala estratigráfica; pero los nombres propuestos y usados desde entonces han sido muy variados y se ha tropezado con notables dificultades para llegar a un acuerdo suficientemente aceptado (Cf, por ejemplo, Holmes, 1959; George et al, 1967; Frith, 1971; Van Eysinga, 1975; Hedberg, 1976; Cohee, 1978; Holland, 1978; James, 1979; Sims, 1980; Hunter, 1981; Harland et al, 1990); todo ello agravado por las dificultades añadidas que surgen al intentar correlacionar las divisiones realizadas en diversos continentes.

Esta situación se refleja claramente en la última compilación de Van Eysinga (1987), en la que se hacen constar los diferentes nombres usados, y en la refrendada por la IUGS (Cowie and Bassett, 1989); en esta última, por lo que toca a los nombres de los Eones y las Eras (ver Tabla 1, al final), no parece que se haya conseguido una coherencia suficiente; el intento por alcanzarla introduciendo los prefijos "paleo", "meso" y "neo" delante del nombre Proterozoico, para definir cada una de las tres Eras diferenciadas en ese Eon, no parece muy feliz, porque esa acumulación de prefijos es fuertemente criticable desde un punto de vista lingüístico.

En cualquier caso, el término mismo de "Proterozoico" es correlativo de Paleozoico (y Meso- y Ceno-), pero en modo alguno lo es de "Fanerozoico". Y el de "Arcaico" o "Arqueano", tampoco es coherente con los anteriores, a pesar de contar a su favor con una utilización de décadas, aunque referida a materiales o a tiempos cada vez más remotos (Wilmarth, 1925; Stockwell, 1964; Harland, 1975; James, 1979; Bates and Jackson, 1980).

Finalmente, hay que llamar la atención sobre la ambigüedad que encierra el uso actual del sufijo "-ico", ya que se aplica tanto a los eones, como a las eras, como a algunos periodos. Parecería más conveniente limitar su utilización a una sola de esas categorías para facilitar la identificación de la entidad correspondiente. Dado que es menor el número de términos que hay que cambiar si se opta por hacerlo en los eones, puede conservarse para las eras (y, si no se encuentra una alternativa mejor, para los periodos mesozoicos).

1.2. Nomenclatura de Periodos

Por lo que respecta a las divisiones inmediatamente inferiores a la de Era, hay mayor uniformidad. Sin embargo, en castellano concretamente, hay una pequeña divergencia de sufijos por lo que se refiere a los periodos de la era Paleozoica.

Unos son partidarios de traducir literalmente el sufijo utilizado en inglés (-ian) por "-iano"; invocan a favor de esta alternativa, también, y no sin razón, argumentos de uso del castellano; efectivamente, en este idioma predomina ese sufijo para indicar pro-

cedencia local (bastetano, toledano, segoviano, italiano, colombiano, o sus variantes granadino o salmantino) frente a otras (cordobés, gerundense, malagueño), pero nunca se utiliza el sufijo en ico ("sevillico", "madrídico", etc). Entre ellos parecen encontrarse, preferentemente (aunque no sólo) los estudiosos formados en las disciplinas más técnicas (ingenieros de minas sobre todo). Otros, quizá por influencias más centroeuropeas y de los términos mesozoicos, prefieren utilizar el sufijo en "-ico"; entre éstos se alinean, preferentemente también, los geólogos universitarios.

De todas formas, en lo que concierne a los periodos de la era Cenozoica, la terminología se aleja incluso de ambos sufijos, porque el uso ha consagrado palabras más diferentes: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.

Se encuentra, pues, por una parte, el uso del prefijo "paleo-", en dos Eras distintas: en una para el término correspondiente a la Era misma (Paleozoica) y en otra para uno de sus periodos (Paleógeno). Por otra, también se encuentra el sufijo "-ico" a tres niveles distintos: tanto para la denominación de eones, como de eras, como de ciertos periodos (Triásico, Jurásico, Cretácico). Por último, hay que añadir la incoherencia implicada en el término "Cuaternario", heredado de la anterior división del Fanerozoico en cuatro Eras, que ha quedado obsoleta, pero que se mantiene a este nivel.

2. LA NUEVA PROPUESTA

Para tratar de llevar a cabo la eliminación de los defectos anotados anteriormente y conseguir una nomenclatura más sistemática y coherente, se han adoptado los criterios siguientes:

1. Partir del nombre ya consagrado para el Eón más moderno.
2. Para los eones más antiguos, elegir prefijos del mismo campo semántico.
3. Crear un eón nuevo para los primeros tiempos de existencia del planeta. Su nombre hará alusión a ese hecho.
4. Aceptar los nombres consagrados por el uso para las eras del eón más moderno.
5. Proponer términos similares referidos a vegetales para las eras de los eones anteriores al último pero posteriores a la formación de la corteza terrestre.
6. Abandonar totalmente la denominación ordinal para las eras.
7. Cambiar la denominación "cuaternario" por otra más acorde con los periodos de la Era Cenozoica.

2.1. Homogeneización de los nombres de Eonemas-Eones

2.1.1. El número de Eones.

Hasta hora no ha surgido discusión alguna en cuanto al establecimiento de los tres Eones que, en

mentación de las arenas. La línea L_2 nos indica con un error considerable el nivel de sedimentación de los limos.

RESULTADOS

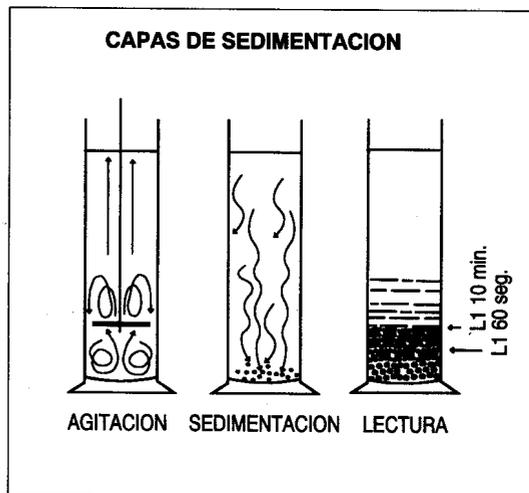
Durante la sedimentación se observa como se depositan las partículas por orden de tamaño en el fondo de la probeta. El avance de la línea de sedimentación es muy rápido en los primeros treinta segundos, y bastante lento a partir del primer minuto.

La sedimentación completa de las arcillas no tiene lugar hasta pasadas 24 horas o más y, en algunos casos, queda una parte de arcillas coloidales que no llega a sedimentar. Las arcillas sedimentadas ocupan un volumen muy superior al que tenían en seco o, en presencia de agua, formando agregados. Esto es debido a que el agua y los cationes presentes se sitúan entre las partículas de arcilla y las mantienen separadas.

Si sedimentan todas las arcillas la solución queda teñida por los ácidos húmicos solubles en medio básico, lo que le da un color que va del amarillo al negro, pasando por colores pardo-rojizos según la concentración de dichos ácidos.

La textura de una muestra de suelo se define por el porcentaje de las distintas fracciones en función de la masa, mientras que este método permite obtener porcentajes en función del volumen de las fracciones sedimentadas en medio acuoso, por lo que no hablaremos de arenas, limos y arcillas sino de fracción gruesa, fracción media y fracción fina.

Se puede calcular el porcentaje en volumen de cada fracción:



$$\% \text{ fracción gruesa} = L_1 \text{ mL} / 50 \text{ mL} * 100$$

$$\% \text{ fracción media} = (L_2 \text{ mL} - L_1 \text{ mL}) / 50 \text{ mL} * 100$$

$$\% \text{ fracción fina} = 100 - \% \text{ f. gruesa} - \% \text{ f. media}$$

En un intento de homologar el porcentaje en volumen de dichas fracciones con el porcentaje en masa de las fracciones: arenas, limos y arcillas, se analizaron 18 muestras según el método descrito y por el "método del densímetro de bouyoucos simplificado". Los resultados son los siguientes:

Se puede observar en estos gráficos que el "método de la dispersión-sedimentación" se ajusta al "método del densímetro de Bouyoucos" para las arenas, pero no se ajusta para los limos ni para las arcillas.

TEXTURAS MÉTODO DISPERSIÓN-SEDIMENTACIÓN

MUES	ARE	LIM	ARC
A	40	44	16
AM	21	29	50
BOC2	70	17	13
C1	33	23	44
CF	100	0	0
DL	38	9	53
G1	26	41	33
G2-2	35	39	26
G3-2	24	40	36
GU-1	54		
GU-2	57	33	10
LU-1	45	28	27
LU-2	22	14	64
P1	65	22	13
P2	41	27	32
P3	54	20	26
R	100	0	0
SP	90	10	0

TEXTURAS SEGÚN MÉTODO DENSÍMETRO DE BOUYOUCOS

MUES	ARE	LIM	ARC
A	41	37	22
AM	22,5	42,5	35
BOC2	71	23	6
C1	35	36,5	28,5
CF	94	1,5	4,5
DL	33	23	44
G1	30	40,5	29,5
G2-2	34	38	28
G3-2	28	41	31
GU-1	60	21	19
GU-2	63,5	22	15,5
LU-1	35	38	27
LU-2	16	37	47
P1	60	20	20
P2	41	35	24
P3	50,5	22,5	27
R	90	5	5
SP	70	15	15

o menos delgados, la pegajosidad en la palma de la mano, etc. A partir de estas observaciones se presenta un sistema de claves de clasificación que permiten atribuir a la muestra una clase textural.

Problemas: Se trata de un método subjetivo ya que se basa en la apreciación del tacto de cada individuo. Se deben haber manipulado muchas muestras para que los resultados sean fiables.
Algunas explicaciones son difíciles de describir y/o entender a través de un manual.

Ventajas: Es un método rápido y sencillo, no requiere utillaje. Se puede realizar en el campo. Se manipula directamente la tierra, esto permite ejercitar el sentido del tacto.
Se utilizan claves de clasificación. Este es un procedimiento a trabajar en la escuela.
Permite darse cuenta de los problemas que presentan, en ciencias. Los métodos subjetivos cuando hay que dar los resultados de una investigación. Obliga a dialogar para llegar a un consenso a la hora de decidir que textura se le atribuye a cada muestra.

Sugerencias: Se puede disponer de un banco de muestras de textura conocida para ejercitarse en este método.

Conclusión: Método aplicable a los niveles de primaria por su simplicidad. Aunque los resultados no coincidan con los reales, es recomendable en el aspecto procedimental.

MÉTODO DE LA OBSERVACIÓN DE LAS-CAPAS DE SEDIMENTACIÓN (Neviani, 1975; Nadal, 1978; Del Carmen, 1984)

Método descrito en buena parte del material didáctico sobre el suelo para la enseñanza primaria y secundaria.

Este método consiste en poner una muestra de suelo en una probeta (o botella de agua mineral) llenarla con agua y después de agitar unos minutos dejar que sedimenten las partículas por orden de tamaño. (Según la ley de Stokes la velocidad de sedimentación de una partícula sólida en un fluido depende entre otros factores del diámetro de la partícula). Seguidamente se observan las capas depositadas.

Problemas: No se comenta en la bibliografía citada la utilización de "dispersante". La no utilización de un dispersante que elimine el poder agregante de las arcillas y/o la materia orgánica hace que precipiten agregados en lugar de precipitar partículas individuales. No es posible especular con la simple observación de las capas y determinar la textura, ni en el caso de haber utilizado un dispersante y haber obtenido una sedimentación perfecta: diferenciar visualmente la arena muy fina de los limos requiere mucha expe-

riencia y buena vista, diferenciar los limos de las arcillas no es posible ni siquiera para un experto.

Ventajas: Es un método rápido y que requiere poco material. Conceptualmente no parece que presente problemas importantes.

Conclusión: Es un método interesante desde el punto de vista conceptual, pero procedimentalmente es erróneo y, normalmente, el estudio de los resultados es complicado.

4.- ALTERNATIVA QUE SE PROPONE: MÉTODO DE LA DISPERSIÓN-SEDIMENTACIÓN

El equipo de estudio sobre la didáctica del suelo del departamento de didáctica de las ciencias experimentales de la Universidad de Barcelona, al investigar y reflexionar sobre los métodos que acabamos de describir caímos en la necesidad de encontrar un método conceptualmente sencillo y de fácil y rápida ejecución en el laboratorio escolar, que permitiese obtener datos cuantitativos sobre la textura del suelo para poder realizar una pequeña investigación en el aula.

Decidimos trabajar sobre el "método de las capas de sedimentación", corrigiendo en primer lugar el error de no dispersar la muestra. De acuerdo con la ley de Stokes antes citada, calculamos el tiempo que tardarían en sedimentar las arenas y los limos y marcamos, en dichos tiempos, la línea de sedimentación que se observa en la probeta.

A partir de estos cálculos establecimos el siguiente procedimiento:

- * Introducir 50 cm³ de tierra fina (muestra de suelo pasada por un tamiz de 2 mm de luz) en una probeta graduada de 250 mL.
- * Añadir solución dispersante ("Calgón" al 1 %) hasta enrasar la probeta a 250 mL.
- * Agitar enérgicamente la muestra un mínimo de diez minutos con un émbolo agitador.
- * Dejar sedimentar la suspensión.
- * Observar, durante dos minutos, como se va desplazando hacia arriba la línea de sedimentación.
- * Volver a agitar con el émbolo un minuto y dejar sedimentar la muestra.
- * Marcar con un rotulador adecuado el punto en el que se encuentra la línea de sedimentación en los tiempos: 60 segundos (L₁) y 10 minutos (L₂).
- * Observar detalladamente las diferentes capas visibles, describir el color, el tamaño de las partículas y si se quiere el grosor de cada capa. Este trabajo de observación puede ser muy interesante para constatar la heterogeneidad del suelo, o la sedimentación de las partículas según su tamaño.
- * Comparar las líneas de sedimentación L₁ y L₂ de las diferentes muestras estudiadas. La línea L₁ nos indica aproximadamente el nivel de sedi-

Por otro lado, reconocer la heterogeneidad del suelo y detectar la presencia o separar materiales distintos: gravas, arenas, limos y arcillas, es un objetivo que persiguen la mayoría de materiales didácticos propuestos.

2.- ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS

MÉTODO DEL DENSÍMETRO DE BOUYOUCOS SIMPLIFICADO (JOSA ET AL., 1988):

Este método es una adaptación del método oficial (MAPA, 1982) que se propone para los estudiantes de ingeniería técnica agrícola de la "Escuela Superior d'Agricultura de Barcelona". En algunos casos este método se ha exportado a la enseñanza secundaria (GARCÍA et al., 1989).

El método consiste en dispersar las partículas minerales del suelo mediante una solución del producto comercial "Calgón" y en medir indirectamente el porcentaje de cada fracción mediante el densímetro de Bouyoucos (ver ilustración). Este método se fundamenta en la ley de Stokes que relaciona la velocidad de caída de las partículas sólidas esféricas en el seno de un líquido, con su diámetro y la densidad de la suspensión en la que caen.

$$\text{velocidad de caída} = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho_s - \rho_l) g d^2}{\eta}$$

Siendo η la viscosidad del líquido, ρ la densidad, g la aceleración de la gravedad y d el diámetro de las partículas.

Problemas: Coincidimos con los autores en que es un método conceptualmente difícil de comprender hasta para alumnos de nivel universitario.

Ventajas: Este método, de los cuatro que se comentan, es el que da unos resultados más fiables.

El utillaje y el tiempo son adecuados a la enseñanza secundaria.

Conclusión: Dado que este método no favorece la comprensión de los contenidos básicos, se con-

sidera poco recomendable en la enseñanza primaria y secundaria.

MÉTODO DE LOS TAMICES:

Este método se extrae de la primera parte del "método de la pipeta de Robinson" (MAPA, 1986). Consiste (ver ilustración) en pasar la muestra por unos tamices de luz decreciente.

Problemas: Con suelos, trabajar en seco no es viable ya que no es posible romper los pequeños agregados. Si se trabaja con agua sin dispersar la muestra supone, en muchos casos, que los agregados obturen los tamices más finos. No siempre es posible disponer de suficientes tamices para que trabajen varios grupos a la vez. Separar la arena fina mediante este método requiere mucho tiempo. Los limos y las arcillas no se pueden separar con tamices.

Ventajas: Conceptualmente es el método más sencillo de comprender.

Conclusión: Se puede utilizar este método para separar y cuantificar las gravas y la arena gruesa, y aplicar, si se cree conveniente, otros métodos para separar la arena fina, los limos y las arcillas.

MÉTODO DE LA DETERMINACIÓN AL TACTO (Nadal, 1978. Escuredo ET AL., 1983; Del Carmen, 1984; Hereter ET AL., 1988)

Los métodos que permiten determinar con fiabilidad la textura suelen ser bastante largos y por esto se han buscado métodos que permiten una clasificación rápida, aunque no tan precisa, de la textura y que se puedan realizar en el campo.

El método de campo más utilizado en edafología es la determinación de la textura al tacto. Todos los sistemas de clasificación al tacto propuestos se basan en manipular con los dedos una porción de muestra seca y/o mojada, experimentar la rugosidad, la capacidad de hacer moldes o "gusanos" más

