

QUE PUEDE APORTAR EL CONOCIMIENTO DE LA HISTORIA DE LA GEOLOGÍA A LOS PROFESORES EN FORMACIÓN

Possibilities and contribution of the history of the Geology to the Education of Educators

Montserrat Domingo (*) y Sònia Ambrós (*)

RESUMEN

Se seleccionan algunas ideas geológicas publicadas entre 1830 y 1973 como material susceptible de ser usado en la formación del profesorado. La primera parte, con la interpretación de Darwin sobre los atolones, las ideas del equipo de Murray sobre los nódulos de manganeso o las tareas oceanográficas en 1876 y las hipótesis soviéticas sobre la multicausalidad de la geodinámica, se dedica al estímulo de valores y actitudes entre los enseñantes futuros y sus profesores. La segunda parte retoma la propuesta de J.T. Wilson, reformulada y desarrollada como ciclo del supercontinente, para ser usada como herramienta para el aprendizaje de conceptos científicos que se apoyan y a la vez refuerzan ideas muy antiguas de Darwin sobre la fauna de las islas Galápagos y la multicausalidad de la geodinámica.

ABSTRACT

Some geological ideas published between 1830 and 1973 are selected as a material able to be used as a tool for the education of educators. First part, with Darwin's interpretation of the atolls, Murray's team ideas about manganese nodules and the oceanographic work, and sovietic hypothesis of the multicausality of the earth tectonics, is devoted to the promotion of the values and attitudes of teachers and their pupils. Second part takes again the proposal of J.T. Wilson, reformulated and developed as the supercontinent cycle, to be used as a tool for teaching scientific concepts, supported in and also supporting very old ideas of Darwin about Galapagos islands fauna.

Palabras clave: Formación del Profesorado, Ciencias de la Tierra, Historia de la Geología, Didáctica de la Geología.

Keywords: Teachers Education, Earth Sciences, Geology History.

INTRODUCCIÓN

Los profesores en formación que tal vez se verán involucrados en la docencia en Ciencias de la Tierra pueden beneficiarse con el conocimiento de la historia de la Geología de diferentes maneras.

Un tipo de beneficio se refiere al esclarecimiento de conceptos, estrategias u otros aspectos explícitos del currículum. Otro tipo de beneficio radica en la repercusión que el conocimiento de la historia tiene en el desarrollo consciente o inconsciente de la reflexión sobre "los valores implícitos en el currículum oculto de las materias impartidas por los profesores" (entre comillas una expresión tomada de Fibla, P., 1995, p.201); por ejemplo, el conocimiento de las dificultades de la comunidad para alcanzar un saber como punto de referencia para prever las dificultades con que puede tropezar el ser individual para llegar a él, o la vacuna contra el dogmatismo que nos aplicamos cuando nos vemos obligados a reformular teorías con datos nuevos.

Aquí se han elegido dos enfoques para ilustrar modos de ayuda que dicho conocimiento puede aportar, uno dirigido a potenciar la reflexión sobre el desarrollo de aspectos ocultos del currículum, en

especial ciertos valores y actitudes a compartir por docentes y discentes; otro, orientado a ilustrar las propiedades multiuso de un material diseñado para el aprendizaje de conceptos basado en un modelo ya histórico, aunque no demasiado antiguo, susceptible de ser usado incluso para un tratamiento transversal o pluridisciplinar de algunos aspectos de la Biología, la Física, la Química y tal vez las Ciencias Sociales.

I. MATERIAL GEOLOGICO HISTORICO PARA EL DESARROLLO DE VALORES Y ACTITUDES

El marco genérico de este apartado viene desarrollado en Fibla (1995), obra de la que se han extraído y traducido al castellano las pequeñas citas aquí presentadas en cursiva. Su autora agrupa los valores en cuatro grandes categorías:

- los de carácter social y político;*
- los del ser humano individual;*
- los del saber heredado de la tradición;*
- los derivados de la crítica a la tradición ilustrada y a la sociedad actual.*

(*) Dept. de Geografia Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra, Barcelona, Spain

Los atolones según Darwin durante la expedición en el *Beagle* (1831-1836)(Figura 1 y Texto A)

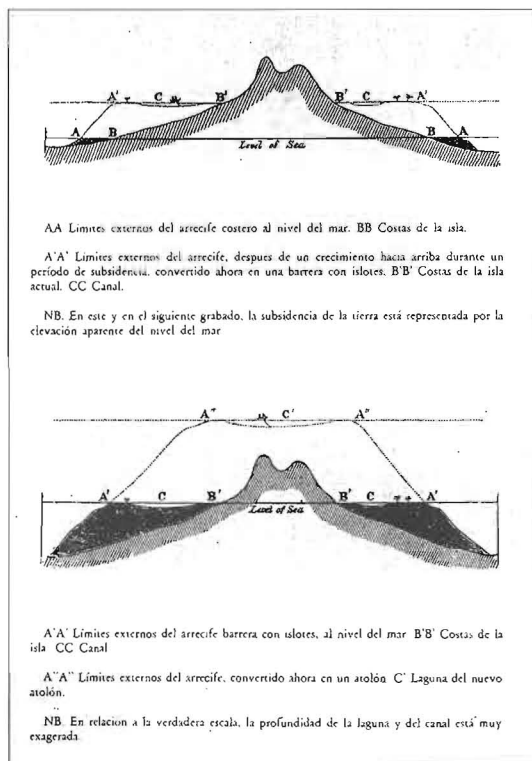


Fig.1. Origen de un atolón según Darwin, 1836.

Los tres estadios de desarrollo del coral ilustrados mediante secciones de la misma isla. Al hundirse la isla, el arrecife costero origina un arrecife barrera y luego se transforma en un atolón cuando la tierra se sumerge bajo el nivel del mar. Darwin, Ch. (1842) *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. Reproducido de Moorehead, A. (1969) *Darwin and the Beagle*, George Rainbird LTD., Londres, p. 208 de la versión en castellano *Darwin: la expedición en el Beagle*, de Ediciones del Serbal, 1981, Barcelona

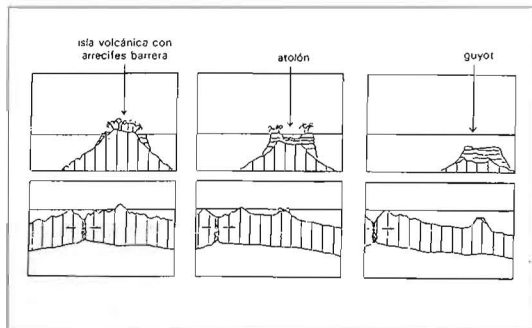


Fig. 2. Origen de un atolón y un guyot en interpretación de 1989. Reproducido de Domingo y Miró (1989), Breviario de Oceanografía, oikos-tau, Barcelona, p.169.

Cabe imaginarse a Darwin: con la respiración aún contenida tras el incierto avance hacia la llana isla que corona un fondo cuya profundidad disminuía peligrosa y vertiginosamente -con el ecosonda a un siglo de inventarse, con tiradas de un escandallo que debía ser bajado y subido con un cable mediante un torno hasta y desde las profundidades abisales desde las que se alzan los atolones-, sentado con su bloc de notas en la blanca arena coralina, a orillas de la límpida laguna, protegido apenas del sol por las raídas hojas de un cocotero, va atando cabos de todo lo que ha visto, macerando intuiciones sugeridas por los ejemplos de todos los estadios de la evolución; se inventa la sorprendente fantasía que publicará en 1842 en *The Structure and Distribution of Coral Reefs* y que suponía imaginar entonces que:

- 1) allí antes había habido un volcán
- 2) el coral creció a su alrededor
- 3) el volcán con su corona de corales se iba hundiendo, mientras los corales trataban de guardar nivel creciendo para arriba

- 4) el hundimiento se produjo a un ritmo a la par o en todo caso no más rápido que el de crecimiento hacia arriba de los corales

¿Qué le faltaba a Darwin para explicar la causa de la subsidencia? Entonces nada se pensaba sobre el abovedamiento que hoy se asocia al ascenso de plumas o penachos de manto y a la cresta de las dorsales, nada sobre el traslado hacia afuera de la bóveda de los edificios volcánicos construidos en aquella parte de una placa en movimiento.

Un ejercicio para la reflexión puede consistir en la identificación de la relación que puede encontrarse entre los valores del ser humano individual postulados por Fibla (op. cit.) y la propuesta de Darwin situada en su contexto histórico científico y social.

La expedición del *Challenger* (1872-1876) (Fig. 3 y textos B y C)

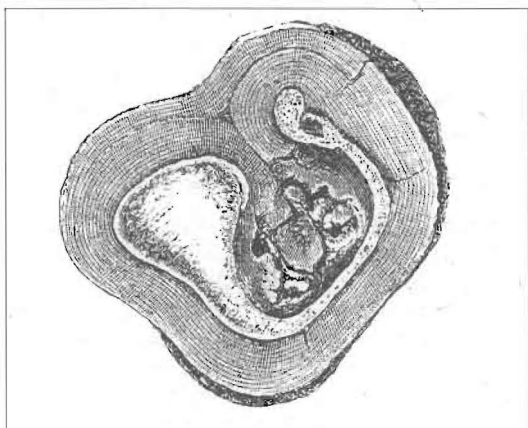


Fig. 3. Sección transversal de un nódulo de manganeso formado alrededor del hueso auditivo de un cetáceo dragado de 2600 brazas. De *The Report, Narrative part 2*. Reproducido de Linklater, E. (1972) *The voyage of the Challenger*, George Rainbird Ltd. Londres, página citada de la versión en castellano *El viaje del Challenger (1872-1876)*, de Ediciones del Serbal, 1981, Barcelona.

Texto B.

Interpretación de los nódulos de manganeso en 1876

El 14 de octubre hubo una pesca de 1500 dientes de tiburón, 42 tímpanos de cetáceos y setenta litros de nódulos de manganeso que parecían canicas; el día 16, 340 dientes de tiburón, 40 litros de nódulos y 132 fragmentos de oído interno o medio de varios cetáceos; el día 23 más de lo mismo.... y el día 11 de noviembre un nódulo de manganeso tan grande como un huevo de gallina. ¿Eran los nódulos de origen cósmico? ¿Habían penetrado en el mar en forma de partículas incandescentes despedidas por meteoritos en su paso a través de la atmósfera? Los argumentos en favor y en contra son demasiado complejos y demasiado extensos para hacer un resumen sencillo, y debemos abandonar los extraños restos

del lecho oceánico, polvo cósmico...(p.235)

Reproducido de Linklater, E. (1972) *The voyage of the Challenger*, George Rainbird Ltd. Londres, página citada de la versión en castellano *El viaje del Challenger (1872-1876)*, de Ediciones del Serbal, 1981, Barcelona

Texto C.

En un viaje de cerca de 69000 millas náuticas se habían establecido 362 estaciones de observación, y “en cada una de estas estaciones se hicieron estas observaciones, siempre que las circunstancias lo permitieron. Una vez se había establecido la posición de las estaciones:

- 1 Se determinaba la profundidad exacta.
 - 2 Se recogía una muestra de fondo, de un peso que oscilaba entre una onza y una libra, mediante el aparato de sondeo, que estaba provisto de un tubo y de pesos que se soltaban.
 - 3 Se obtenía una muestra del agua del fondo para su examen físico y químico.
 - 4 Se determinaba la temperatura del fondo mediante un termómetro de registro.
 - 5 En la mayoría de estaciones se obtenía una amplia muestra de la fauna del fondo mediante la draga o la rastra.
 - 6 En la mayoría de estaciones se examinaba la fauna superficial y de profundidades intermedias mediante el empleo de redes de plancton con distintos ajustes
 - 7 En la mayoría de estaciones se realizaba una serie de mediciones de temperatura a distintas profundidades, desde la superficie al fondo.
- (En muchas estaciones se obtuvieron muestras de agua de distintas profundidades)
- 9 En todos los casos se observaron y anotaron cuidadosamente las condiciones atmosféricas y otros datos meteorológicos.
 - 10 Se determinó la dirección y velocidad de la corriente de superficie.
 - 11 En unas cuantas estaciones se intentó esclarecer la dirección y la velocidad de movimiento del agua a distintas profundidades.(p. 264)

Linklater, E. (1972) *The voyage of the Challenger*, George Rainbird Ltd. Londres, páginas citadas de la versión en castellano *El viaje del Challenger (1872-1876)*, de Ediciones del Serbal, 1981, Barcelona

Por lo que respecta a Murray y su viaje del *Challenger*, la selección es doble. El texto de los nódulos de manganeso (texto B) estimula la evocación de dos grupos de ideas. De un lado los relacionados con las polémicas entre argumentos que preten-

den mantenerse dentro de la racionalidad o que pueden acogerse al recurso de la irracionalidad (los nódulos han venido del cielo!) en la búsqueda de explicaciones de enigmas; este solo tema da para mucho, rastreando irracionalidades diversas en la historia.

De otro lado, el tema invita a la vinculación de las Ciencias naturales con las sociales, con la consideración del diseño de cangilones y aspiradoras (Fig. 4), de proyectos para la extracción de los nódulos del mar Rojo y el veto de políticos árabes en las décadas 1960-1970, descrito todo de forma asequible en Behrman (1984), lo que facilita introducirse en los conceptos de recurso natural renovable o no y reserva, así como en la consideración de lo que son minerales estratégicos y su control. De poder hacerlo, cabría derivar hacia materias transversales de educación por la paz, para el consumo, ambiental y para un estilo de vida sostenible.

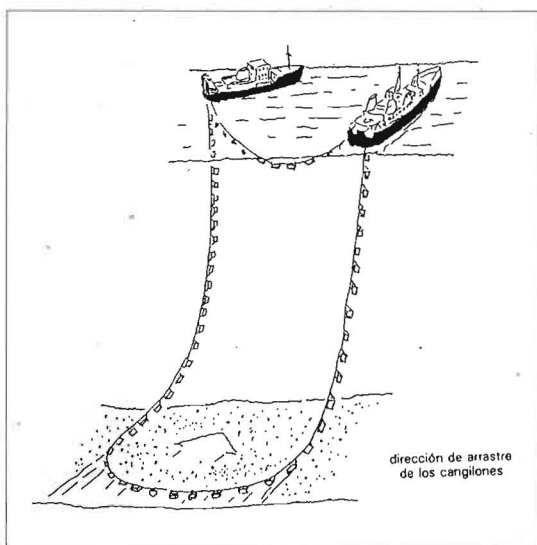


Fig.4. Barcos que izan cangilones tras arrastrarlos para la recolección de nódulos de manganeso. Reproducido de Domingo y Miró (1989), Breviario de Oceanografía, oikos-tau, Barcelona, p.169.

Con la selección del texto sobre el plan de trabajo de la expedición (Texto C) se ha pretendido destacar lo que supone para el desarrollo de diversos valores y actitudes considerar el método científico, lo que cuesta un descubrimiento, interesarse por saber cómo se construye la Ciencia, por comprender y tomar conciencia de la vinculación entre el avance de la Ciencia y muchos de los condicionantes sociales (Kuhn, 1971). Si sólo una muy pequeña parte de la construcción de la Ciencia consiste en la obtención de datos, tal obtención de datos exige cuidado, orden, rigor, paciencia, capacidad para tomar decisiones (cuántos datos, cómo se quieren, cómo se pueden obtener los que se desean, cuánto cuesta el proyecto, cuánto cuesta un dato y quién lo paga). Una estación oceanográfica es un punto en el océano al que se llega a quién sabe qué hora para empezar a trabajar; es muy difícil dormir regularmente haciendo oceanografía: las muestras

se multiplican con frenesí, son de agua de fondo, de agua de en medio, de agua de arriba, de plancton de fondo, vertical, superficial, hay que conservar con formol, guardar orientadamente los testigos de sedimentos, echar el correntímetro, el disco para medir la transparencia del agua...El *Challenger* realizó 362 estaciones y en cada una todo lo que se indica en el texto C.

El texto sobre la multicausalidad de la geodinámica (Texto D)

Texto D.

“Terminando la revisión de las hipótesis tectónicas, se puede llegar a la conclusión de que la principal causa de la diversidad de las mismas y de sus extremas contradicciones es la indudable complejidad y diversidad de los movimientos tectónicos y de los factores que los engendran. En estas condiciones, la mayoría de los tectonistas teóricos ha centrado la atención en un aspecto determinado de la estructura y del desarrollo de la litosfera ... o en alguno de los tipos de movimiento tectónico ..., considerándolo decisivo y, por lo común, partiendo consciente o inconscientemente de su experiencia personal...”

“La unilateralidad de las hipótesis tectónicas se manifiesta ya en que en la mayoría de ellas se niega el papel en el desarrollo de la Tierra de los factores astronómicos exteriores; por otra parte, algunos sostenedores de la hipótesis de la rotación... ignoran el papel de los procesos endógenos. Los seguidores de la hipótesis de la diferenciación en profundidad no se dan cuenta de que la diferenciación en la transformación física de la substancia en las entrañas de la Tierra debe conducir a determinados cambios en el volumen de ésta, y, en consecuencia, a modificaciones de la velocidad de su rotación, etc.”

*“Esta posición, no obstante, no pasó desapercibida... y una serie de científicos intentó crear concepciones que tomaran en cuenta la pluricausalidad de la tectogénesis... se descubrieron vinculaciones de las oscilaciones de la actividad sísmica con los cambios de velocidad de rotación de la Tierra, con respecto a la posición de la Tierra, la Luna y el Sol, del campo magnético del sistema solar (actividad solar), con las oscilaciones en la posición de los polos magnéticos de la Tierra... la vinculación de las fases de la actividad tectónica con las inversiones del campo magnético de la Tierra: el aumento del número de las fases tectónicas en el cenozoico coincide con el número ostensiblemente creciente de tales inversiones... la vinculación del carácter cíclico de la tectogénesis... de los ciclos tectónicos fundamentales de 150-200 millones de años de duración con la rotación de la Tierra junto con todo el sistema solar por la órbita galáctica, cuyo período es de 176 millones de años...” (pp.284-287, Parte II). Jain, V.E. (1973) *Geotectónica General*. Mir, Moscú (páginas citadas: segunda edición de la versión en castellano, 1984)*

Hoy nos movemos con la hipótesis de que la dinámica interna que más afecta a la litosfera está determinada por la convección más o menos profunda y más o menos irregular en todo el manto, no sólo en su nivel superior. Otras gentes han recurrido al impacto asteroidal para explicar crisis cretácicas. No suele haber grandes conexiones entre quienes abogan por diferentes hipótesis.

Destacando este hecho, el texto que se selecciona ha sido elegido precisamente con el objetivo de incidir sobre las actitudes de "espíritu crítico y apertura de pensamiento (antídotos para las tendencias al dogmatismo) y de imaginación y creatividad (para huir de las rutinas que encorsetan el pensamiento y la conducta)" planteadas más arriba.

Es reconfortante descubrir vinculaciones con el pasado en artículos de divulgación o estudios recientes que reintroducen aspectos antiguos como posibilidades a integrar en las teorías vigentes -por ejemplo, consideración de posibles cambios en la velocidad de rotación de la tierra y la inclinación del eje en relación a la dispersión o concentración de litosfera más o menos densa y sus paseos por la superficie (Bonatti, 1994), o creación de una litosfera continental terciaria, tal vez sin parangón en el Sistema Solar, generada por desorganización de la primaria durante los primeros quinientos mil años de su historia como planeta (Taylor & McLennan, 1996); quizás en el futuro el funcionamiento de una superpluma durante el cretácico (Larson, 1995) se compatibilice con el impacto de un meteorito, con los cambios en las explosiones solares (cuyas maravillosas fotografías recientes televisadas resultan muy sugerentes) y con muchas otras ideas que hoy algunos consideran excluyentes unas de otras.

Si bien los materiales seleccionados aquí pueden sugerir cosas diferentes a quienes los lean, han sido elegidos con el objetivo de incidir especialmente en los temas de **respeto por el saber a fin de preparar el despertar del interés por tal saber; exigencia de rigor y coherencia en el razonamiento y en la acción; racionalidad, imaginación y creatividad, goce de bienes estéticos, espíritu crítico, cuidado, orden y rigor en las tareas de estudio cotidiano** -de entre los citados. Posiblemente puedan llevarse más lejos, hacia la vinculación con valores de carácter social y político y hacia la crítica de la sociedad actual.

II. MATERIAL GEOLOGICO HISTÓRICO ACTUALIZADO PARA EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS

Los textos E-G se han seleccionado para tratar el aprendizaje de conceptos en una docencia que puede o no ser pluridisciplinar e intersectiva en ciencias experimentales, selección que, aunque se vincula aquí en parte a la realizada para incidir en valores y actitudes, puede ser trabajada independientemente. Los textos se refieren o pueden relacionarse con el ciclo del supercontinente (Nance et al., 1988), ciclo comentado entre otros por Anguita

(1992) y Domingo y Soriano (1993). El modelo está basado en Wilson (1968), pero su gran alcance lo convierte en una aportación cualitativamente diferenciada, a la vez que constituye un ejemplo de profundización de una concepción del planeta ya histórica pero que no ha sucumbido, sino que se ha reforzado y enriquecido con los nuevos datos.

Aquí se retoman las ideas enfocadas entonces sólo a la enseñanza de la Geología, resumidas en Domingo y Soriano (1993). La concreción está restringida a pocos ejemplos, pensada para un tratamiento docente no sólo desde la Geología sino también desde el conjunto de las ciencias experimentales.

Texto E.

"Un significado esencial en el mecanismo de la tectogénesis le corresponde también a la isostasia. El papel de la isostasia se revela del modo más completo en los segmentos relativamente estables de la litosfera, que no se hallan bajo la acción directa de tensiones verticales u horizontales...sirve ... de reguladora de la amplitud de los movimientos verticales, determinando la medida de su máximo flexionamiento (20-25 km) y el alcance general del relieve de la superficie terrestre, que responde a la diferencia entre los radios polar y ecuatorial de la Tierra (20 km)." (pp.298-9, Parte II). Jain, V.E.(1973) *Geotectónica General*. Mir, Moscú (páginas citadas: segunda edición de la versión en castellano, 1984)

Texto F.

"El reciente descubrimiento de un grupo de antiguas islas de 10 o más millones de años, hoy sumergidas, entre la costa pacífica sudamericana y las islas Galápagos da nuevas pistas para interpretar de otra manera la evolución de algunos grupos biológicos presentes en las Galápagos.

Las Galápagos se encuentran hoy a 800 km de Sudamérica como representantes emergidos de los volcanes de la dorsal de Carnegie. Tienen tres millones de años. Su fauna y flora presenta importantes diferencias con la del continente. Además, cada subespecie de tortuga y de pinzón en tiempos de Darwin era originaria de una isla diferente y se había adaptado con un estilo de vida diferente a su medio diferente. Hoy llamamos radiación adaptativa la diferenciación que caracteriza una población que se dispersa, al pasar de un hábitat a otro.

....Para las iguanas del continente y de las islas, el análisis revela que las divergencias se produjeron hace unos 15 a 20 millones de años. Así, pues, el tiempo necesario para la diferenciación es superior a la edad de las islas...ex-islas erosionadas y hoy ya sumergidas podrían haber constituido el hábitat donde habría comenzado la diferenciación....las ex-islas sumergidas cercanas a las Galápagos son volcánicas, la más antigua con 10 millones de años y hoy a una profundidad de

2500 m. Se habrían desplazado del centro de la dorsal de Carnegie con el crecimiento del fondo oceánico y habrían constituido lo que se llama una piedra de paso, sirviendo de etapa intermedia entre el continente y las actuales islas, dando tiempo para que las especies se fueran diferenciando...

Las islas se mantuvieron emergidas por lo menos durante nueve millones de años y tal vez más; quizás hasta 80 o 90 m.a., tiempo más que suficiente para permitir la diferenciación que hoy manifiestan." Fuente: Xavier Durán, Ciencia y Vida, La Vanguardia (1992)

Texto G.

"El ciclo del supercontinente representa también un modo nuevo de interpretar la historia de la vida en la Tierra. Los efectos climáticos a gran escala desencadenados por las diversas fases del ciclo del supercontinente -inundación o emersión continental, glaciación y circulación oceánica, estancamiento del océano mundial- han dirigido muchas innovaciones biológicas que han regido el curso ulterior de la evolución. El ciclo del supercontinente constituye, en cierto modo, el pulso de la Tierra. En cada latido, el clima, la geología y la población de organismos progresan y se renuevan."

Nance, R.D., Worsley, T.R., Moody, J.B.(1988) El ciclo del supercontinente, *Inv. y Ciencia* (Septiembre) p.43.

Decíamos y cabe sostener que *el ciclo de Wilson es un modelo sugestivo y estimulante ...idóneo para territorios con unidades de relieve generadas a partir de más de un ciclo de sedimentación y deformación tectónica*. La propia idea de ciclo, que algunos docentes tal vez hoy cuestionan, debería ser tema de debate, un debate en que se tenga presente la aportación que supone la noción tanto a los conceptos vinculados a la idea de sistema -como conjunto de elementos a través de los cuales se establecen flujos de materia y de energía que pueden conducir a situaciones semejantes a otras anteriores (ciclos)- como a la educación en los valores, si el tratamiento sobre el ciclo se enfoca sobre las ideas de finitud de la materia planetaria y reciclaje, de escasez o abundancia relativa de reservas y recursos, de comprensión de las vinculaciones físicas, químicas y mineralógicas entre material madre y material resultante del reciclaje (por ejemplo, sustancias silicáticas sedimentarias como producto de meteorización de las rocas silicáticas ígneas: la arcilla del feldespato, la arena del cuarzo en campos y playas resultantes de la arenización del granito). De los valores derivados de la crítica a la tradición ilustrada y a la sociedad actual (Fibla, op. cit.), la idea de ciclo encaja con los que deben ayudar a impulsar una educación ambiental, para el desarrollo y por un estilo de vida sostenible.



Fig.5. Mapa para la deducción de

- 1) características y evolución de los bordes de placa del Próximo Oriente a partir de los accidentes geográficos de un atlas
- 2) origen de los yacimientos de minerales estratégicos del mar Rojo
- 3) origen del petróleo del golfo Pérsico y península Arábiga
- 4) origen de las piedras preciosas de Oriente

Mapa reproducido de PC Globe. Maps and Facts, versión 1.0. Broderbund, 1994. (Mapas y cortes geológicos de referencia para resolver el cuestionario pueden hallarse en Strahler, A.N.(1989) Geología Física, Omega, Barcelona, p.339-341.

Decíamos que puede ser usado como un hilo conductor o una herramienta multiuso de la que echar mano tanto para "dar vida" a las cosas muertas que observamos (montañas, fósiles, minerales, rocas, ¿por cuántas aventuras no habrá pasado una partícula de arcilla hasta encontrarse en una pizarra del tejado?), como para interpretar la presencia o ausencia de determinadas formas vivas, tales como las grandes asociaciones vegetales o animales actuales (¿por qué es tan peculiar, por ejemplo, la fauna y la flora de Nueva Zelanda, con su kiwi, sus ranas mudas o sus helechos arborescentes?).

Este carácter de guía interpretativa sirve para cualquiera de las fases. El petróleo, por ejemplo, exigirá un buen paquete sedimentario, es decir una prolongada situación de cuenca marina estable, y una cierta temperatura y compresión, que sólo se darán a partir de un mínimo cierre posterior de la misma cuenca oceánica. Y el afloramiento en superficie de rocas metamórficas o plutónicas con piedras preciosas generadas con ellas nos exigirá habernos percatado previamente de la movilidad y erosión experimentada por el territorio antes de que materiales generados en condiciones de profundidad hayan podido aparecer a nuestra vista.

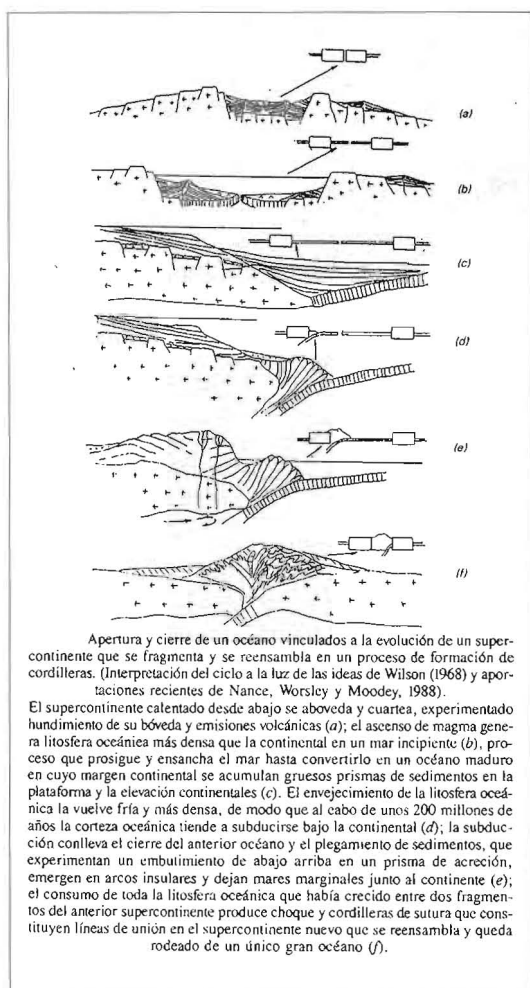


Fig. 6. Esquemas para la identificación de conceptos y de accidentes geográficos actuales a escala planetaria, regional y local, vinculados a cada una de las fases del ciclo de Wilson; el esquema reducido representado encima de cada esquema mayor sirve de referencia y de situación en cada fase. Figura reproducida de Domingo y Miró (1989), *Breviario de Oceanografía, oikos-tau, Barcelona, p.41*. Una buena lista de accidentes geográficos actuales se encuentra en Wilson (1968).

Una de las muchas propuestas posibles para el aprendizaje de técnicas, de conceptos, de abstracciones generalizadoras y modelos integradores usando el ciclo del supercontinente como pretexto se ejemplifica en la selección del Cuadro 1.

Los ejercicios a realizar pueden consistir en responder a diversos cuestionarios o realizar actividades sobre ideas que deberían sugerir por ejemplo las figuras 5 y 6; o en la redacción ilustrada de las peripecias por las que han pasado las rocas que se ven desde las afueras del pueblo o la ciudad de residencia o estudio; o la organización en un cuadro de algunos de los conceptos que cabe trabajar desde una sola o

varias de las fases (isótopo y radiactividad, convección, conducción, radiación adaptativa de especies, creación de nichos ecológicos, precipitación de evaporitas, energía geotérmica, minerales estratégicos...). El modelo y cuestionarios han sido utilizados desde 1987 en la formación de diplomados profesores de EGB (Domingo, 1992a,b) y de licenciados, tal vez futuros profesores de secundaria, para el aprendizaje de conceptos geológicos y geográficos.

CONCLUSION

Los dos enfoques diferentes ofrecidos aquí sobre las posibilidades de explotar la historia de la Geología y su vinculación con el presente en la formación de formadores no pretenden ser sino ejemplos, presentados a modo de sugerencias para estimular la creatividad de cada cual. Libros muy hermosos de divulgación al gran público, que versan sobre exploraciones y descubrimientos, bien ilustrados y documentados, análogos a los citados en los textos seleccionados -también, por ejemplo, el de Botting (1973) sobre Humboldt, su obra, su pensamiento y sus exploraciones-, resultan materiales atractivos para profesores y alumnos para desear saber más a partir de lo que la Ciencia del momento interpretaba en cada contexto; en ellos los educadores en formación y sus profesores encontramos fuentes de inspiración que complementan las obras más austeras, dirigidas a personas más eruditas, que entre los especialistas en historia de la Ciencia suelen citarse. Una buena selección bibliográfica comentada, en la que se justifiquen o argumenten modos de uso, podría estimular en gran medida el recurso a la historia de la Geología para la formación de formadores, tanto en valores y actitudes como en conceptos. La lectura del *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente* de Humboldt (1814)¹ constituye para cualquier docente una fuente de sugerencias, evocaciones, motivación para saber más y placer muy gratificante, que sin duda beneficia luego a los alumnos.

BIBLIOGRAFIA

- Anguita, F. (1992) El ciclo del supercontinente y otros ciclos geológicos, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1992,(0), 2-4.
- Bonatti, E. (1994) El manto terrestre suboceánico. *Inv. y Ciencia*, 212 (Mayo), 40-47.
- Behrman (1984) *Asalto a lo desconocido, la Expedición Internacional al Océano Índico*, Serbal-UNESCO, Barcelona.
- Botting, D. (1973) *Humboldt and the Cosmos*. George Rainbird, Ltd, Londres, versión en castellano de Ediciones del Serbal, Barcelona, 1981
- Domingo i Morató, M. "Aplicació del model de Wilson a Catalunya" *Actes III Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències Naturals*, 1992, Girona, Eumo, Vic, 55-68
- Domingo i Morató, M. Didáctica de la Geología i Guerra contra l'Irak *Actes III Simposi sobre ensenyament de les Ciències Naturals*, 1992, Girona, Eumo, Vic, 111-116.

¹ Por ejemplo, entre las páginas 11 y 32 del vol. 2 hay datos suficientes como para preparar una colección de ejercicios para el aula sobre magnetismo, sismicidad, insolación, presión, humedad, temperatura atmosférica en relación a la radiación del suelo, relieve, vegetación o circulación subterránea.

Domingo, M. y Soriano, J.M. (1993) Aplicación del ciclo de Wilson a la enseñanza de las ciencias de la tierra (Resumen) *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra (IV Congreso)*, 163-164

Fibla, P. (1995) *Educació i valors. El patrimoni ètic de la modernitat*. Eumo, Vic.

Humboldt, A. de (1814) *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804 par A. de Humboldt et A. Bonpland. Rédigé par Alexander de Humboldt 1805-1834* París, versión en castellano de L. Alvarado, Monte Avila editores, Caracas, 1985, 5 vols.

Kuhn, T.S. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas*, México, F.C.E.

Larson, R.L. (1995). Superpluma del Cretácico medio, *Inv. y Ciencia*, 223 (Abril), 64-69

Nance, R.D., Worsley, T.R., Moody, J.B. (1988). El ciclo del supercontinente, *Inv. y Ciencia*, 144 (Septiembre), 36-43

Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1996). Evolución de la corteza continental, *Inv. y Ciencia*, 234 (Marzo), 56-62

Wilson, J.T. "Revolution dans les Sciences de la Terre" *Vie et Milieu*, XIX, 2-B, 1968, París, versión en castellano en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1993. (1.2) 72-85. ■

CUADRO I

CONCEPTOS, TÉCNICAS Y ABSTRACCIONES QUE PUEDEN TRABAJARSE CON EL CICLO DE WILSON COMO HILO CONDUCTOR

- conducción, convección, radiación, radiactividad, isótopo
- disolución/precipitación, oxidación/reducción
- nicho ecológico, diversidad, adaptación
- silicato, carbonato, materia orgánica
- margen continental, cuenca oceánica
- comparación de mapas planetarios del presente y del pasado, con especial atención al análisis de la latitud de un lugar conocido
- comparación de un mapa de una localidad actualmente emergida con uno paleogeográfico que incluya la localidad, con especial atención al análisis de la altura actual/profundidad del pasado
- observación de una célula con núcleo y de una cianofícea y representación plástica y química de lo que las distingue
- observación de una colección de subespecies de una misma especie, por ejemplo mediante conchas marinas.
- circulación atmosférica, componentes zonal y meridiana
- teorías de la evolución biológica y de la biosfera
- teorías de la convección (componentes horizontal y vertical, penachos de calor y placas litosféricas) y de la multicausalidad
- teoría del caos
- adaptación o sustitución biológica ligada a cambio de profundidad de la plataforma continental
- los diapiros de sal gema como exponente de una dinámica muy prolongada (mar, desecación, precipitación, enterramiento, ascenso diapírico, ayudado o no por procesos orogénicos)
- tipos de energía, de estructura, de posición
- intercambios energéticos en los cambios de estado, de fase
- la gravedad
- la radiactividad
- la radiación solar
- mutaciones en el virus de la gripe
- meteorización de un clavo a la intemperie
- nacimiento de un volcán y metamorfismo térmico de contacto
- tiempo de diferenciación por detalles de forma y pigmentación de las variedades del ser humano
- tiempo de diferenciación de los picos de los pinzones de las islas Galápagos
- oxigenación de la atmósfera primitiva
- realidad próxima: local conocida
- realidad distante: local desconocida, regional, planetaria
- muestra: biológica, química, geológica
- afloramiento
- paisaje local
- paisaje regional
- interacciones entre subsistemas
- el CO₂ atmosférico, oceánico y de los carbonatos biogénicos
- las molasas rojas como resultado de la interacción astenosfera-litosfera-atmósfera-hidrosfera vinculaciones entre conceptos clave
- importancia de la creación del rift de África oriental en la hominización
- importancia de la oxidación oceánica y la atmosférica en el secuestro de carbonatos en los océanos y continentes
- importancia de los cambios de nivel oceánico resultantes de la fragmentación de un supercontinente para la evolución biológica -creación o destrucción nichos ecológicos, aumento o reducción de la biodiversidad) y para los cambios climáticos planetarios (carbonatos que pasan o no en disolución y a la atmósfera, con la posibilidad de generación de un efecto invernadero en el Cretácico)