

UNA ESTRATEGIA DIDACTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA PALEONTOLOGIA

Mónica Zegarra Restrepo

RESUMEN

Se describe la aplicación de una estrategia didáctica basada en investigación, desarrollada con tres grupos de estudiantes de Geología de la UIS durante los años 1999 y 2000. Comprendió la indagación inicial de concepciones alternativas sobre aspectos paleontológicos, lo cual permitió la construcción de tres categorías y fundamentó el contenido de las clases (enfoque expositivo) y de los talleres prácticos (enfoque de resolución de problemas de lápiz y papel y de conflicto conceptual). Finalizó con la evaluación del aprendizaje alcanzado a través de un cuestionario y dos estudios de casos, encontrándose mayor nivel de elaboración y estructuración en algunos conceptos.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, estrategia didáctica, paleontología, geología

SUMMARY:

The application of a didactic strategy based on investigation is described, developed with three groups of students' Geology of the UIS during **the years 1999 and 2000**. It's included the initial inquiry of alternative conceptions on paleontological aspects, that which allowed the construction of three categories and it based the content of the classes (it focuses expositive) and of the practical shops (focus of resolution of pencil and paper problems and of conceptual conflict). Concluded with the evaluation of the learning reached through a questionnaire and two studies of cases, being bigger elaboration level and structuring in some concepts.

Key words: Teaching of the sciences, didactic strategy, paleontology, geology

INTRODUCCION

La paleontología es una de las disciplinas que ha contribuido a consolidar muchas ideas de las ciencias geológicas, biológicas y en general, a numerosas inquietudes del espíritu humano. Su complejidad se encuentra enmarcada en la cantidad y diversidad de factores que involucran cada uno de sus conceptos, especialmente durante su enseñanza y aprendizaje, y por ello algunos profesionales en geología no logran vislumbrar su importancia, ni entender muchas de sus aplicaciones. La enseñanza de esta disciplina se ha fundamentado en la reproducción memorística de categorías y nombres científicos sin ninguna relación con las inquietudes o conocimientos cotidianos de los estudiantes, y con gran desconexión de los problemas geológicos. Por lo anterior, se consideró importante plantear una estrategia de enseñanza y aprendizaje diferente que influyera en la aceptación, interés y estudio por esta disciplina, investigación que se realizó con 35 estudiantes de la carrera de geología de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia) durante los años de 1999 y 2000.

Para el diseño de esta estrategia se parte de la ideología constructivista, donde se asume, entre otras cosas, que toda conceptualización se realiza con base en las ideas que ya se tienen (concepciones alternativas), las cuales tienden a ser permanentes, aunque no por ello dejan de cambiar. Este cambio requiere una asociación y reestructuración del marco conceptual, en donde las nuevas ideas tengan significado, ya sea de modo autónomo (ZDE) o de modo mediado (ZDP)[1].

Este nuevo significado depende no solo del material potencialmente significativo que se le presenta al estudiante, el cual posibilita su relación con los conocimientos ya existentes, sino que éste debe involucrar una actitud de aprendizaje significativo o **“una disposición para relacionar sustancial y no arbitrariamente el nuevo material con su estructura cognoscitiva”**[2]. Estos aspectos involucran la motivación del estudiante y los recursos didácticos empleados, y es acerca de ellos donde se enfoca esta estrategia, en la cual se desarrollaron tres fases: una etapa de indagación de ideas alternativas, actividades de clase y la etapa de evaluación correspondiente.

LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO PALEONTOLOGICO

La pregunta sobre el origen de los seres vivos, entre ellos el hombre, han permanecido latente en toda la historia de la humanidad y en el desarrollo de las ciencias geológicas; por ello ha surgido la paleontología, buscando dar respuesta a las inquietudes transcendentales de la existencia humana y como una herramienta práctica fundamental en la geología actual.

Ya desde la Grecia clásica se tienen registros de varias interpretaciones que pretendieron una explicación de la vida, de nuestro planeta y de muchos de sus procesos; algunas incluyeron aspectos como la generación espontánea, la transmutación o evolución, las extinciones, etc., muchas de estas ideas fueron cambiadas por tendencias más creacionistas. Sólo hacia 1400, cuando se comenzó a configurar una visión dinámica del tiempo y de los cambios que dejan registros observables, se posibilitó una apertura de pensamiento hacia diferentes explicaciones: De este modo, la existencia de formas extintas de seres vivos, que ya fuera mencionada por Bernard Palissy[3], sólo encuentra una clasificación detallada hacia el siglo XVII, realizada por Nicolaus Steno, donde se planteó la contemporaneidad de los fósiles con el depósito y se enunciaron las bases de la cronología relativa al señalar los criterios de superposición, continuidad y horizontalidad de estratos.

En el siglo XVIII Benoît de Maillet consideró el origen y evolución de los seres vivos por procesos de pangénesis, donde varias semillas germinaron en las aguas y colonizaron **la tierra transformándose unos organismos en otros, “la especie humana, incluso, había empezado siendo un pez.”**[4]; y debido a que estos cambios requerían de un transcurrir de tiempo muy largo, permitieron la modificación de la edad de la tierra. Así mismo, Georges Louis Leclerc, conde de Buffon, explicó esta transformación orgánica como producto del hábitat y la alimentación, y defendió la posibilidad de reconstruir la historia de la tierra por métodos empíricos considerando el presente como la clave del pasado. Esta idea fue retomada por James Hutton[5] que consideró la explicación de los fenómenos geológicos por procesos observables, planteando el ciclo geológico de erosión, transporte, sedimentación y elevación debida a vulcanismo que genera nuevas rocas. Contrario de Hutton y como su principal opositor, Abraham Gottlob Werner[6] sostenía su idea de un continuo cambio lineal; según esto, las rocas cristalinas y sin fósiles se precipitaron de un océano primordial, continuaron las rocas de transición de sedimentos químicos y mecánicos con pocos fósiles, luego con mayor

descenso del mar precipitaron los estratos "Floez" con muchos fósiles, para terminar con los terrenos aluviales; esta es una clasificación genética ordenada por criterios cronológicos que incluye un principio de causalidad.

El transformismo biológico, lineal y continuo (sin extinciones) desde lo simple a lo complejo, fue defendido por Jean Baptiste de Monet, Caballero de Lamarck, pero la desaparición de seres la explicó Georges Cuvier en 1796 al demostrar la extinción de especies por fenómenos catastrofistas que modelaban la tierra. Luego William Smith en 1799 estructuró el concepto de fósil característico y su posible uso en correlaciones estratigráficas de antigüedad relativa[7].

Sólo en 1830, cuando Charles Lyell formuló el Uniformitarismo, que considera "...**todos** los hechos geológicos que se desarrollan en la superficie de la tierra se producen por procesos físicos, químicos y biológicos que actúan de forma lenta, gradual y continua a lo largo de los tiempos geológicos"[8], se posibilitan las investigaciones que estructuraron la geología actual. A partir del Uniformitarismo se aportaron algunas bases para el planteamiento del origen de las especies por selección natural propuesto por Darwin en 1859[9] y para la teoría de Geosinclinal de James Hall.

Posteriores investigaciones sobre la biogeografía de mamíferos, permitieron a Richard Lydekker (1896) postular la idea de puentes intercontinentales que mantenía un escenario no movilista de la tierra, idea que no fue cambiada hasta 1926 cuando Alfred Wegener formula la Deriva Continental con base inicialmente en la evidencia fósil y en las formas encajantes de los continentes. La Deriva Continental, el concepto de Geosinclinal de Hall, el descubrimiento de la dorsal del Atlántico en 1920 y estudios geofísicos de densidad, intensidad y orientación magnética, plantearon el soporte para la aceptación del marco general de la Tectónica de Placas en 1967.

Aún ahora se mantiene la influencia de la paleontología a través del tiempo, en la hipótesis Gaia de Lovelock[10] se considera la tierra como un sistema homeostático orientado por la biosfera con sistemas de autorregulación controlados por organismos vivos.

METODOLOGIA

En el desarrollo de esta investigación se trabajó con 35 estudiantes de la carrera de Geología de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia) durante los años de 1999 y 2000 en diferentes cursos: tercer semestre (Grupo 1), quinto semestre (Grupo 2) y octavo semestre (Grupo 3), lo cual exigió y permitió la flexibilidad de las herramientas debido a diferencias en el nivel de construcción de los conceptos que se involucraron.

El proceso de investigación se desarrolló en tres grandes fases: una etapa de indagación de las concepciones alternativas que los estudiantes manejaban sobre la temática; la realización de prácticas guiadas con actividades específicas, y finalmente, una etapa de evaluación del aprendizaje alcanzado y del proceso desarrollado con la confrontación de los resultados iniciales.

Fase 1. Indagación de concepciones alternativas

El cuestionario empleado para esta indagación incluyó la representación gráfica del proceso de formación del fósil, tipos de fósiles y la identificación de ambientes; estos conceptos incluyen principios paleontológicos, geológicos y biológicos fundamentales para la comprensión de la paleontología y su expresión gráfica permite significaciones que en otros casos pueden pasar desapercibidas, además, el estudiante expone una actitud creativa personal. Estudios similares han sido trabajados en España a nivel básico de primaria y secundaria[11], magisterio y licenciaturas[12]. Los resultados obtenidos permitieron la construcción de tres categorías para cada pregunta que fueron analizadas cualitativa y cuantitativamente (ver tablas 1, 2 y 3).

Tabla 1. Resultados cuantitativos de la representación gráfica del proceso de formación del fósil en la fase de indagación de ideas alternativas.

CATEGORIAS	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	Estudiantes por categoría
Nivel inferior: Considera la vida y muerte del organismo, y la muestra fósil.	4 (36%)	2 (20%)	4 (29%)	10 (29%)
Nivel básico: Incluye, además, los procesos de fosildiagénesis.	6 (55%)	7 (70%)	9 (64%)	22 (63%)
Nivel superior: Adiciona actividades como descubrimiento e interpretación.	1 (9%)	1 (10%)	1 (7%)	3 (8%)
Estudiantes por grupo	11	10	14	35

En las respuestas de los estudiantes se observó que la dificultad para identificar un fósil como una partícula componente de la roca impide concebir los procesos de formación de ambos como algo simultáneo y sincrónico; algo similar ocurre cuando se **considera que el organismo muerto cae "dentro" la roca ya formada o "imprime" su huella en ella.** Estos aspectos también pueden ser reflejados cuando el fósil se considera separado de la roca misma (figura 1).



Figura 1. Respuesta a la primera pregunta de la fase 1, categoría inferior, Grupo 1.

La fosildiagénesis es representada sólo ocasionalmente como un intercambio de CaCO_3 (figura 2), y usualmente como un proceso por etapas, señaladas con flechas o indicaciones de separación. A este aspecto se asocia también el desconocimiento de procesos orogénicos y de erosión, que a veces fueron indicados textualmente pero sin involucrar su expresión dentro de los gráficos. La categoría superior incluyó con una buena claridad algunos de los aspectos antes considerados y la importancia que adquiere el hombre en el descubrimiento e interpretación del fósil (figura 3).

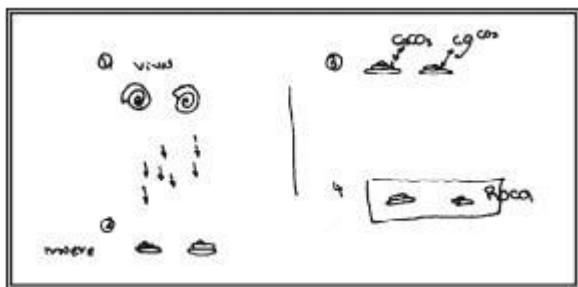


Figura 2. Respuesta a la primera pregunta de la fase 1, categoría básica, Grupo 3.

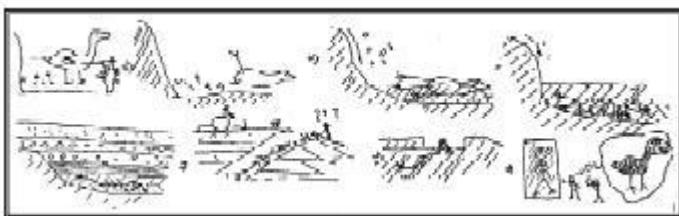


Figura 3. Respuesta de la primera pregunta de la fase 1, categoría superior, Grupo 1.

Especialmente la confusión de fósil con resto orgánico y el desconocimiento de la fosildiagénesis se encontró en los estudiantes del Grupo 1, resultados similares a los encontrados por Lillo Bevia (1994, 1996) en España.

Tabla 2. Resultados de la representación gráfica de tipos de fósiles en la fase de indagación de ideas alternativas.

CATEGORIA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	Estudiantes por categoría
Nivel inferior: Origen animal o vegetal, endoesqueleto o exoesqueleto.	1 (10%)	5 (50%)	7 (50%)	13 (37%)
Nivel básico: Origen animal y vegetal, endoesqueleto o	4 (36%)	4 (40%)	5 (36%)	13 (37%)

general no se apreciaron diferencias entre las propiedades de medios acuáticos como luminosidad, salinidad, temperatura, partículas en suspensión, etc.

Tabla 3. Resultados de la identificación de ambientes en la fase de indagación de ideas alternativas.

CATEGORIA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	Estudiantes por categoría
Nivel inferior: Marino o terrestre, algunas subdivisiones y organismos.	3 (27%)	1 (10%)	4 (29%)	8 (23%)
Nivel básico: Marino y/o terrestre, subdivisiones, algunos organismos y otras características.	7 (64%)	5 (50%)	9 (64%)	21 (60%)
Nivel superior: Marino y continental, varias subdivisiones, características y organismos.	1 (9%)	4 (40%)	1 (7%)	6 (17%)
Estudiantes por grupo	11	10	14	35

Fase 2. Propuesta metodológica

Para formular la propuesta metodológica se partió del hilo conductor establecido por los objetivos conceptuales esperados, los resultados obtenidos en la fase de indagación de ideas alternativas y las posibilidades didácticas aportadas por los instrumentos empleados. Con estas consideraciones se modificó la aplicación de los instrumentos para adecuarlos a los niveles de elaboración conceptual de los distintos grupos.

Primera etapa: Se emplearon acetatos y fotografías con un enfoque expositivo y en parte, con la intención de generar conflicto cognitivo[13], que permitían confrontar y complementar las respuestas e ideas acerca de los conceptos preguntados durante la indagación de ideas alternativas.

Segunda etapa: Se realizó un ejercicio hipotético de lápiz y papel que pretendió involucrar al estudiante en un problema simplificado de la geología sobre la reconstrucción de la historia de una cuenca empleando información paleontológica a partir de tres columnas estratigráficas. Esta estrategia con enfoque de resolución de problemas, guía la elaboración de conceptos, el aprendizaje y desarrollo de procesos metodológicos en geología, y favorece la observación, la creatividad, el análisis argumentado y la crítica; al mismo tiempo, indica la forma como se han construido algunos conceptos fundamentales (como el tiempo geológico) y la manera como estos se modifican.

Como los estudiantes del Grupo 1 se encontraban iniciando las asignaturas de la carrera de geología y no conocían mucha de la información geológica que puede involucrarse el ejercicio, se enfatizó en contenidos procedimentales como: la observación, secuenciación, orden, descripción y argumentación, entre otros. La cantidad de conceptos involucrados en este taller con el Grupo 2 permitió, además, interpretar ambientes a partir de la información litológica y paleontológica, y establecer los límites de tiempo relativo más significativos. Con el Grupo 3 se incluyeron aspectos adicionales acerca de la descripción de especies, separación de géneros y familias, biozonas, evolución de la cuenca, etc.

Tercera etapa: El desarrollo de esta etapa solamente involucro a estudiantes del Grupo 1 debido a los obstáculos identificados en las respuestas durante la fase 1 referentes a la confusión de fósil y resto orgánico. Para ello se optó por un enfoque de conflicto cognitivo al presentar a los estudiantes tres muestras de fósiles y un caracol de apariencia envejecida pero de edad reciente. Durante la socialización se reflexionó acerca de procesos de fosildiagénesis, tiempo, cambio mineralógico, etc.

Fase 3. Evaluación de resultados

La evaluación realizada incluyó un cuestionario escrito con dos preguntas abiertas que pretendían conocer el nivel de elaboración conceptual que habían alcanzado los estudiantes, en la primera pregunta se solicitó a los estudiantes escribir un ensayo sobre el fósil y la segunda consistió en la realización de un esquema conceptual acerca de la paleontología. Con el fin de profundizar en estas ideas se realizó un estudio de casos a través de entrevistas no estructuradas[14] que se aplicaron a dos estudiantes, estos fueron seleccionados en las categorías del nivel básico (Grupo 1) y superior (Grupo 2).

Durante esta fase se encontró que la mayoría de los estudiantes mencionaron los cambios químicos y mineralógicos involucrados en la fosildiagénesis, otros dejaron implícito el proceso mismo, pero la explicación para estos cambios continuó siendo el reemplazamiento de las partes orgánicas por sustancias minerales, o sólo de sus partes duras, como se puede observar en las siguientes respuestas:

“El proceso de fosilización, es un proceso geológico en el cual, la materia orgánica de un ser vivo, es remplazada **por materia inorgánica,...**”

“Para que encontremos un fósil fue necesario una cantidad de procesos bioquímicos que hicieron que las moléculas orgánicas se convirtieran **en minerales y ahí en roca.**”

“Para la formación de un fósil es necesario después de la muerte del organismo, su enterramiento; después seguirá el reemplazamiento de las partes duras del organismo, **por ejemplo las conchas, caparazón, en roca.**”

La mayoría de los estudiantes señalaron diferentes tipos de fósiles, aunque algunos los identifican como animales o simplemente como seres vivos. Por otra parte, en la repetida alusión a los ambientes se diferencia entre las condiciones existentes en el lugar de vida, muerte y enterramiento del organismo, relacionadas con el proceso de fosildiagénesis, y la interpretación de ambientes al emplear los fósiles como herramienta paleoecológica. Al respecto se encuentran algunas respuestas como:

“El fósil es un organismo o un rastro que proporciona una información acerca de las características ambientales, del lugar de origen, del sitio de deposición, de las condiciones de enterramiento.”

“Es un registro de los seres que existieron... nos ofrece información tanto de la especie fosilizada, el ambiente en el cual vivía, su muerte, y sus hábitos de vida.”

“Nos puede indicar edades relativas dentro de la geología a partir de la correlación en columnas estratigráficas y de fósiles guías.”

Entre los conceptos o ideas que presentan una mayor elaboración por casi todos los estudiantes, se encuentra la clara diferenciación entre resto orgánico y fósil; este concepto puede ser considerado como base para la estructuración de ideas más amplias, como fosildiagénesis y tipos de fósiles. También el nivel de elaboración alcanzado para separar diversos tipos de fósiles permite ya incluir gran variedad de registros orgánicos, aunque los organismos sean asignados únicamente a seres animales o vegetales, desconociendo los reinos protisto y fungí.

La comprensión de fosildiagénesis y el frecuente manejo de esqueletos, en especial exoesqueletos, se encuentran muy relacionados. Aunque parece ser que el identificar los fósiles con conchas y caracoles se debe a la facilidad para representarlos, esta asociación dificulta concebir otros tipos de procesos involucrados en la fosilización.

De igual manera, en esta fase de evaluación se encontraron más relaciones con la aplicación de la paleontología, donde se observó mayor nivel de elaboración en referencias hacia correlaciones bioestratigráficas, tiempo relativo, evolución geológica, prospección de hidrocarburos y desarrollo socioeconómico.

CONCLUSIONES

Aunque el desarrollo de la experiencia no alcanzó el nivel de elaboración esperado en algunos de los conceptos trabajados, si se observaron cambios significativos en la mayoría de los estudiantes. Por lo anterior es importante reconsiderar el diseño de las herramientas didácticas utilizadas en clase, cada una de ellas con posibilidades, mecanismos e inconvenientes particulares. En especial aquellas actividades que involucran al estudiante de forma protagonista en la construcción de su propio aprendizaje y posibilitan el manejo integral de diversos conceptos, métodos y aplicaciones, permiten una mayor reflexión, autonomía, confrontación y compromiso de los mismos estudiantes. Esta importancia fue señalada por uno de los estudiantes **al reconocer (como algo gracioso) que “es más fácil olvidar cosas dichas ante el tablero, pero no en un ejercicio que implica compromiso, reflexión y diversión para su trabajo”.**

A pesar del seguimiento realizado durante toda la investigación, se encuentran dificultades adicionales en otros aspectos. Uno de los más importantes se identifica como el clima del aula, esa relación interactiva creada por el profesor y el grupo específico de estudiantes, especialmente durante las clases iniciales, que llega a influir en el interés y la motivación del estudiante, y así mismo, en su aprendizaje.

BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, D., NOVACK, J. y HANESIAN, H. Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Capitulo 2. México: Trillas, 1986. 623 p.

GALLEGOS, J.A. La construcción del concepto de mineral: Bases históricas y un diseño de enseñanza-aprendizaje. Revista Enseñanza de las ciencias. Vol. 16, N° 1 (1998). P. 159 – 167.

García, Candido Manuel. Benoît de Maillet y el transformismo geológico. Revista Enseñanza de ciencias de la tierra. Vol. 5, N° 1 (1997). P. 6 – 10.

LILLO BEVIA, JOSE. Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. Revista Enseñanza de las ciencias. Vol. 12, No. 1 (1994). P. 39 – 44.

_____. Ideas de los alumnos y obstáculos epistemológicos en la construcción de los conceptos fósil y fosilización. Revista Enseñanza de las ciencias de la tierra. Vol. 3, No. 3 (1996). P. 149 – 153.

LOVELOCK, JAMES. Las edades de Gaia: Una biografía de nuestro planeta vivo. 2 ed. Barcelona: Tusquets. 1995. 192 p.

PEDRINACI, EMILIO. La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. Revista Enseñanza de las ciencias. Vol. 11, N° 3 (1993). P. 315 – 323.

POZO, JUAN IGNACIO y GOMEZ CRESPO, MIGUEL ANGEL. Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata. 1998. 331 p.

SEQUEIROS, LEANDRO; García de la Torre, Enrique y PEDRINACI, Emilio. Tectónica de placas y evolución biológica: Construcción de un paradigma e implicaciones didácticas. Revista Enseñanza de las ciencias de la tierra. Vol. 3, N° 1 (1995). P. 14 – 22.

SEQUEIROS, LEANDRO; PEDRINACI, EMILIO; ALVAREZ, RAFAEL M^a y VALDIVIA, JOSE. James Hutton y su teoría de la tierra (1795): Consideraciones didácticas para educación secundaria. Revista Enseñanza de ciencias de la tierra. Vol. 5, N° 1 (1997). P. 11 – 20.

SEQUEIROS, LEANDRO; PEDRINACI, EMILIO; BERJILLOS, PEDRO y GARCIA, ENRIQUE. El bicentenario de Charles Lyell (1797-1875): Consideraciones didácticas para educación secundaria. Revista Enseñanza de Ciencias de la Tierra. Vol. 5, N° 1 (1997). P. 21 – 31.

TUDGE, J. Vygotsky, la zona de desarrollo próximo y la colaboración entre pares: connotaciones para la práctica del aula. Vygotsky y la educación. Compilador: Moll, L.C. Argentina: Aique, 1993. 493 p.

VAN DALEN, DEOBOLD B. y MEYER, WILLIAM J. Manual de técnica de la investigación educacional, capítulo 12: Los instrumentos de investigación. Buenos Aires: Paídos. 1981. P. 322 – 358.

* Geóloga. Magister en Pedagogía

[1] TUDGE, J. Vygotsky, la zona de desarrollo próximo y la colaboración entre pares: Connotaciones para la práctica del aula. Vygotsky y la educación. Compilador: Moll, L. C. Argentina: Aique, 1993.

[2] Ausubel, D. y otros. Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1976. p. 48.

[3] GALLEGOS, J.A. La construcción del concepto de mineral: Bases históricas y un diseño de enseñanza-aprendizaje. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 16, N° 1 (1998). p. 162.

[4] Garcia, C. M. Benoît de Maillet y el Transformismo geológico. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 5, N° 1 (1997). p. 6-10.

[5] Sequeiros, L. y otros. James Hutton y su teoría de la tierra (1795): Consideraciones didácticas para educación secundaria. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 5, N° 1 (1997). p. 11-20.

[6] PEDRINACI, E. La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 11, N° 3 (1993). p. 319.

[7] PEDRINACI, E. La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 11, N° 3 (1993). p. 319.

[8] Sequeiros, L. y otros. El bicentenario de Charles Lyell (1797-1875): Consideraciones didácticas para educación secundaria. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 5, N° 1 (1997). p. 21.

[9] Sequeiros, L. y otros. Tectónica de placas y evolución biológica: Construcción de un paradigma e implicaciones didácticas. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 3, N° 1 (1995). p. 15.

[10] LOVELOCK, J. Las edades de Gaia: Una biografía de nuestro planeta vivo. 2 edición. Barcelona: Tusquets, 1995. 266 p.

[11] LILLO BEVIA, J. Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 12, No. 1 (1994). p. 40.

[12] LILLO BEVIA, J. Ideas de los alumnos y obstáculos epistemológicos en la construcción de los conceptos fósil y fosilización. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 3, No. 3 (1996). p.151.

[13] POZO, J.I. y GOMEZ, M.A. Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata, 1998. p. 306.

[14] VAN DALEN, D.B. y MEYER, W.J. Manual de técnica de la investigación educacional. Buenos Aires: Paídos. 1981. p. 335-338.