

LA “TEORÍA DE LA TIERRA” (1788) DE JAMES HUTTON: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA

James Hutton’s “Theory of the Earth” (1788): An educational proposal

Cándido Manuel García Cruz (*) y Margarita López Hernández (**)

RESUMEN

La “Teoría de la Tierra” de James Hutton (1788) se puede utilizar como recurso para la enseñanza-aprendizaje de la geología. Se proponen diversas actividades didácticas sobre la base de diferentes textos de la teoría huttoniana, que abarcan los siguientes aspectos: la ciencia como construcción social, diferencias entre ciencia/religión, origen/transformación de las rocas, ciclos geológicos, tiempo geológico, y lenguaje científico.

ABSTRACT

James Hutton’s (1788) “Theory of the Earth” may be used as a resource for the teaching-learning of the geology. Several didactic activities are tackled on the basis of various texts of the Huttonian theory, which cover the following aspects: the science as a social construction, differences between science and religion, origin/transformation of rocks, geological cycles, geological time, and scientific language.

Palabras clave: James Hutton (1726-1797), Teoría de la Tierra (1788), Historia de la Geología, didáctica.

Keywords: James Hutton (1726-1797), Theory of the Earth (1788), History of Geology, didactics.

El significado de nuestros registros siempre es interpretado a la luz del bagaje conceptual de que disponemos y, puesto que éste es limitado y evoluciona, sólo podemos hacer afirmaciones sobre cómo creemos que funciona el “trozo” de mundo que estamos estudiando.

ESCUADERO y MOREIRA (1999, p. 62)

INTRODUCCIÓN.

La utilización en su propio contexto educativo de la historia de la ciencia, nos va a permitir, como ya han señalado algunos autores (Gagliardi, 1986, 1988; Gagliardi y Giordan, 1986; García Cruz, 1998; Pedrinaci, 1993, 1994), identificar diversas ideas que han constituido importantes obstáculos epistemológicos a lo largo de la historia del pensamiento, y que, por lo tanto, condicionan el anclaje y desarrollo de otros conceptos básicos que actúan como conceptos estructurantes, además de servir para la elaboración de nuevas propuestas curriculares.

En el caso concreto de la “Teoría de la Tierra” de James Hutton (1788), ésta puede constituir un ex-

celente ejemplo de lo que significa la incorporación de la Historia de la Geología en el marco de la enseñanza-aprendizaje de diversos contenidos de las ciencias de la tierra adaptados a sus distintos niveles en Educación Secundaria (preferentemente 4º ESO, y 1º-2º Bachillerato). Aunque no siempre es factible determinar en qué medida los alumnos poseen ideas o representaciones mentales parecidas o semejantes a las de Hutton, el análisis didáctico de su teoría puede contribuir a la superación de ciertos obstáculos epistemológicos en relación, por ejemplo, con la estructura y el funcionamiento de la Tierra.

A pesar de esto, la teoría huttoniana ha sido poco utilizada en este sentido. En realidad, los estudios didácticos son más bien escasos, destacando sin duda la aproximación hecha por Sequeiros *et al.* (1997) para la versión de 1795, y que consideramos la aportación más importante. Otros trabajos también fundamentales, dado su carácter interdisciplinar, son los de Gonçalves (1998, 2004), Gonçalves y Sicca (2000) y Sicca y Gonçalves (2002), en los que se abordan cuestiones filosóficas, teológicas y químicas.

En este artículo haremos una propuesta didáctica sobre la teoría huttoniana a partir de sus propios textos, en la que se analizan algunas de sus ideas más importantes, dejando abiertos otros muchos enfoques.

(*) IES Cruz Santa, 38413 Los Realejos, S/C de Tenerife. Miembro de INHIGEO (International Commission on the History of Geology). E-mail: cgarcru@gobiernodecanarias.org.

(**) IES Mencey Acaymo, 38500 Güímar, S/C de Tenerife.

VISIÓN EPISTEMOLÓGICA DE LA TEORÍA DE LA TIERRA DE JAMES HUTTON.

Los aspectos *generales y fundamentales* de la teoría huttoniana se han representado en la Fig. 1 mediante una *V* heurística o epistemológica (Gowin, 1981; Novak, 1981; Novak y Gowin, 1984). Esta herramienta cognitiva ayuda a comprender y a concretar todo desarrollo conceptual, procedimental y actitudinal dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, y al mismo tiempo ha devenido muy útil como medio de comunicación e instrumento de investigación para cualquier otro ámbito cultural (Ault, 1985; Escudero y Moreira, 1999; Marín Martínez, 2003; Mason, 1992; Moreira, 1993; Prevost y Jacobi, 1994; Sanabria y Ramírez de Mantilla, 2004; Thiberghien y Besançon, 1994).

En esta *V* heurística, además, se han incorporado el *Contexto* y el *Dominio afectivo*, siguiendo las orientaciones de Rodríguez Palmero y Rodríguez Palmero (1998). Esto nos va a permitir comprender y transmitir mucho mejor la idea de la ciencia como una *construcción social*, tema, por cierto, generalmente obviado en el aula. En este contexto, las *verdades* se reflejan a través de un prisma ideológico, sujetas a la cohabitación de las diferentes teorías que las sustentan, y que se solapan, se superponen o se sustituyen, donde los debates y las controversias perduran, a veces, mucho tiempo. Así se conforma un marco epistemológico muy alejado de los planteamientos positivistas que ven la ciencia como una *mera y progresiva acumulación* de conocimientos.



Fig. 1. Representación de las ideas fundamentales de la Teoría de la Tierra de Hutton mediante una *V* epistemológica de Gowin.

En nuestra representación heurística, el objeto de estudio es la *Tierra*, y la cuestión clave, *Cómo funciona el planeta*. Se parte del *contexto* epistemológico de la época, donde el dogmatismo religioso y el creacionismo, junto con el catastrofismo, imperaban sobre la visión que se tenía del mundo. Además, las ideas neptunistas, a las que también se enfrentó Hutton, jugaban un papel esencial dentro del mecanicismo positivista y en el que, paradójicamente, el autor escocés conservaba ciertos planteamientos teleológicos. Para el *dominio afectivo* (que suele ser el más difícil y complejo de establecer), hemos tenido en cuenta tres factores que sobresalen en los escritos de Hutton: su escepticismo frente a las explicaciones religiosas, catastrofistas y neptunistas, de las que emanaba una cronología bíblica insuficiente de tradición escritural totalmente incoherente, y, por otro lado, el placer que observaba en el orden y en la regularidad en la naturaleza.

El *dominio conceptual* abarca las *filosofías* (mecanicismo orgánico, positivismo, teleología) y *teorías* (actualismo-uniformitarismo) que utilizó en la concreción de su forma de entender la Tierra. Ambas condicionan la interpretación de los *principios* (de los que se ha seleccionado una muestra representativa), que a su vez delimitan *conceptos* en relación con los procesos geológicos, calor interno, tiempo indefinido, cambios en los materiales y estratos, etc.

Dentro del *dominio metodológico*, los *registros* y *hechos* constituyen los materiales de referencia (fósiles, sedimentos, venas minerales, etc.) sobre los que se desarrollan las *transformaciones*, que en el caso de Hutton constituyen razonamientos y especulaciones basadas en los principios teórico-prácticos, así como en diferentes experimentos geoquímicos (realmente pocos, debido a la negativa del propio autor a comprobar experimentalmente sus aseveraciones). De todo esto deduce una serie de *afirmaciones de conocimiento* que constituyen los enunciados básicos de su teoría, y que le permiten emitir una serie de *juicios de valor* sobre el funcionamiento global del planeta: el plutonismo como explicación causal, el tiempo indefinido y los procesos cíclicos; además, hemos incluido dos aseveraciones que tienen que ver con su visión afectiva, a pesar de ser discutidas por diversos autores.

Es evidente que nuestra representación heurística es muy general, y no es la única posible, por lo que está abierta a todas las críticas y modificaciones que puedan mejorarla.

PROPUESTA DIDÁCTICA.

Nuestra propuesta didáctica tiene como objetivo esencial hacer una reflexión, a partir de textos originales, sobre la construcción del conocimiento científico.

La primera actividad (A) pretende ayudar a visualizar de una forma muy concreta la teoría huttoniana, tanto a alumnos como a profesores. Las dos

siguientes (B y C) tienen como objetivo mostrar la relación ciencia-sociedad a través de la vida de Hutton, el medio en que vivió y sus ideas acerca de la religión. Las fuentes documentales al respecto se pueden encontrar en este monográfico. El resto de actividades (indicadas mediante números), hacen un recorrido sobre aspectos geológicos, tanto conceptuales como metodológicos, que son a su vez las ideas más representativas de la *Teoría de la Tierra*. Las actividades que se proponen se hacen siempre en referencia a la versión de la teoría huttoniana de 1788. A ésta se remite indicándose, entre paréntesis, la *parte* correspondiente de la teoría (en números romanos), y las *páginas originales*, que aparecen también en la traducción. Entre corchetes se hacen algunos comentarios orientativos. También es posible seguir algunas de las actividades a través del *Resumen* (1785), en especial la elaboración de las *Vs* de Gowin.

A- Elabora diversas Vs heurísticas en las que se contemplen aisladamente algunos aspectos fundamentales de la teoría huttoniana.

La construcción de estas herramientas -véanse los fundamentos en las referencias bibliográficas citadas anteriormente- nos puede dar una visión concreta y clara de ideas como el actualismo-uniformitarismo, el calor interno como fuerza motriz, los ciclos de destrucción-regeneración, la interacción sistémica, o el tiempo indefinido.

B- Describe brevemente los aspectos biográficos de James Hutton, y analiza el contexto social de la ciencia del s. XVIII.

Es imprescindible poner énfasis sobre el ambiente cultural del Edimburgo de la época, y tener clara la relación entre la ciencia y la religión, y las corrientes neptunista y catastrofista; además, es interesante la localización, en un mapa de Escocia, de los lugares más importantes citados por Hutton.

C- ¿En qué aspectos considera Hutton a las Sagradas Escrituras como inapropiadas para establecer una cronología y reconstruir la historia de la Tierra?

La lectura de la *Memoria* del prefacio de la página 157 de este monográfico y la página [217] es interesante para comprender sus planteamientos en cuanto a la insuficiencia de la Biblia como documento, y su actitud frente a las críticas sobre una base teológica a su teoría. Las ideas religiosas constituyeron un importante obstáculo epistemológico para el desarrollo y modernización de la ciencia geológica.

1- Las ideas predominantes sobre la Tierra sostenían la permanencia de los caracteres terrestres, y que éstos habían sido modificados en cierta medida tan sólo por el diluvio bíblico. Comenta las ideas de Hutton expresadas en el siguiente texto:

“No podemos buscar una naturaleza en estado aquiescente en un lugar donde deambulan tantas criaturas vivientes por sus propios medios, con la intención de alcanzar la finalidad para la que fueron creadas; la materia misma está en permanente cambio, y las escenas de la vida deben ser una serie continua o repetida de perturbaciones y acontecimientos” [209].

“Volvamos también a la acción del tiempo. Su continuidad consigue que se produzcan muchas de aquellas operaciones que son extremadamente lentas, aún cuando a nuestros ojos pueda parecer que no ha tenido lugar cambio alguno; incluso donde no está en la naturaleza de las cosas producir el cambio en cuestión, el curso ilimitado del tiempo no sería más eficaz que el instante por el cual medimos los acontecimientos en nuestras observaciones” [226].

La teoría huttoniana es una expresión coherente frente al permanentismo defendido por la Física Sagrada, otro de los grandes obstáculos epistemológicos en geología. En ambos párrafos se defiende la idea de cambio y la influencia del tiempo. Véase la actividad nº 7.

2- En diferentes partes de su teoría, Hutton habla expresamente de operaciones naturales del globo. ¿A qué se refiere concretamente y por qué las define como naturales? Compara esa idea con los textos siguientes:

“...no existe razón para pensar en cosas misteriosas para las operaciones del globo terrestre... a menos que una inmensa fuerza de compresión pudiera alterar la naturaleza de dichas operaciones. ...no debemos buscar otra cualidad oculta en el agua que actúe sobre los cuerpos en el fondo del más profundo océano, que aquello que podemos observar en los experimentos que somos capaces de hacer” [226].

“Pero no hay necesidad de violar...nuestros principios de la química para explicar ciertas apariencias naturales, en especial si éstas pueden ser explicadas de otra forma, en coherencia con las leyes conocidas de la naturaleza” [229].

Se trata de una de las expresiones más elocuentes del actualismo como metodología. Es imprescindible analizar estos aspectos en el marco del neocatastrofismo para intentar superar el correspondiente obstáculo epistemológico (véase García Cruz, 2000).

3- Comenta las ideas principales de los siguientes textos:

“Examinando el presente, obtenemos datos a partir de los cuales razonar en relación con el

pasado, y, realmente a partir de éste, podemos deducir algo sobre lo que ocurrirá en el futuro. Por lo tanto, en el supuesto de que las operaciones de la naturaleza sean constantes y regulares, a partir de las apariencias naturales, podemos concluir que ha transcurrido necesariamente un cierto intervalo de tiempo en el que se han producido esos acontecimientos de los que observamos sus efectos” [217].

“...en lo que concierne a las causas naturales que se atribuyen a las operaciones del pasado, y en lo que podemos razonar del efecto en relación con la causa, partiendo de la situación actual o del conocimiento de la historia natural, existen ciertos medios en la constitución del mundo que examinaremos ahora, para leer los anales de una tierra que existió antes que la nuestra” [287], [288].

En estos párrafos están contenidas dos afirmaciones esenciales del actualismo-uniformitarismo: el estudio del pasado (y del futuro) a partir del análisis del presente, y la constancia y regularidad de los procesos naturales.

“En la historia natural encontramos monumentos que prueban que esos animales han existido desde hace mucho tiempo, y de esta forma nos procuramos una medida para el cálculo de un período extremadamente remoto, aunque estamos muy lejos de poder establecerlo con precisión.

Así, pues, del hallazgo en la masa sólida de nuestra tierra de reliquias de animales marinos de todas las especies, obtenemos la historia natural de esos animales, que incluye una cierta porción de tiempo, para cuyo establecimiento debemos una vez más recurrir a las operaciones regulares del mundo. Llegaremos así a hechos que indican un período en el que no es posible continuar ningún otro tipo de cronología” [217], [218].

Se puede comentar el significado de los fósiles como *monumentos*, es decir, como documentos históricos, y, por lo tanto, la imposibilidad de reconstruir una parte importante de la historia de la tierra a partir del momento en que no aparecen.

4- La lámina I representa depósitos de minerales de hierro que han formado *septaria*. Busca el significado de este término [246], describe el dibujo y explica cómo se han podido formar. Compara tu explicación con el texto siguiente:

“...los septos se han formado por la contracción uniforme de las partes internas de la roca, disminuyendo el volumen de las zonas centrales más que en la superficie; así, las separaciones de la roca disminuyen progresivamente desde el centro hacia la parte externa.

...la contracción del depósito ferrífero, para formar los septos y rellenar sus huecos con el espato, ha ocurrido *pari passu* [al mismo ritmo], y dicha operación debe haberse provocado por la fusión, o por solidificación a partir de una simple fluidez y de la expansión” [246], [247].

Éste es un ejemplo de la acción del calor como agente causal de un fenómeno, dentro de la corriente plutonista que tiene a Hutton como máximo exponente.

5- Compara algunos términos químicos, petrológicos y mineralógicos que cita Hutton, con el lenguaje científico moderno.

Resulta interesante reflexionar, en especial, sobre el origen y significado primario de algunos términos como “aire petrificado” o “aire fijo”, “flúor”, “aire vital”, “ácido espático”, “sal de roca”, “sal alcalina”. La información precisa se encuentra en la Segunda Parte de la *Teoría*

6- Las venas minerales constituyen uno de los registros geológicos más importantes para comprender el papel del calor en la teoría huttoniana. ¿Han existido desde siempre o son posteriores a la formación de los estratos donde se observan? ¿Cómo se han podido formar?

En [270], [271] se encuentra información para abordar estas cuestiones.

7- Comenta el significado que le da Hutton al tiempo en relación con su visión de la historia del planeta.

“El inmenso tiempo que se necesita para la destrucción total de esta tierra, no debe oponerse a esa visión de acontecimientos futuros que viene indicada por unos hechos más seguros y por una mayoría de principios contrastados. El tiempo, como medida de todo en nuestra idea, y a menudo deficiente en nuestros esquemas, es para la naturaleza interminable y como la nada; no puede limitar lo que existe exclusivamente; y como el curso natural del tiempo, que nos parece infinito, no puede ser delimitado por cualquier operación que pueda tener fin, el progreso de las cosas de este globo, es decir, el curso de la naturaleza, no puede estar limitado por el tiempo, que debe continuar en una sucesión interminable” [215].

“...si conociéramos la historia natural de esas partes sólidas, y pudiéramos rastrear las operaciones que las han originado, tendríamos algunos medios para calcular el tiempo en el que han vivido dichas especies de animales” [219].

“...estamos seguros de que todas las costas de los continentes actuales son arrasadas por

el mar, y constantemente están siendo erosionados de forma global; pero esta operación es tan extremadamente lenta que no podemos encontrar una forma de estimación cuantitativa. Por lo tanto, los continentes actuales del planeta, que los consideramos en un estado de perfección, requerirían un tiempo indefinido para su destrucción mediante operaciones naturales” [301].

“Pero si se establece una sucesión de mundos en el sistema de la naturaleza, es inútil buscar algo superior en el origen de la tierra. Por lo tanto, el resultado de nuestra presente investigación es que no encontramos vestigio de un principio, ni perspectiva de un final” [304].

Los párrafos señalados contienen las ideas fundamentales de la visión cíclica e indefinida que tenía Hutton sobre el tiempo geológico.

8- La corriente neptunista defendía que tanto los continentes como las montañas habían surgido como consecuencia de la retirada o descenso de las aguas. ¿Cómo explica Hutton estos hechos? ¿Existe realmente un intercambio entre el dominio continental y oceánico? ¿En qué medida la erosión contribuye a esta visión cíclica de degradación y reconstrucción?

“...todos los continentes y todas las islas del globo terrestre se han elevado sobre la superficie del océano” [287].

“La formación de la tierra actual forzosamente implica la destrucción de los continentes de un mundo antiguo; y continuando el razonamiento sobre las operaciones naturales de una tierra anterior, vemos claramente el origen de esa tierra, de cuya fertilidad nos alimentamos nosotros y todos los animales marinos. De igual manera que contemplando las operaciones actuales del globo, podemos percibir la existencia real de esas causas productivas que están poniendo las bases de otra tierra en las regiones insondables del mar, y que, con el tiempo, darán lugar a futuros continentes” [294].

“Pero si la tierra en que vivimos empezó a aparecer en el océano en el momento en que la antigua empezaba a descomponerse, no pudo la tierra actual haber sido construida a partir de los materiales del continente inmediatamente precedente que examinamos; el fondo del océano debe haber estado lleno de materiales con anterioridad a que la tierra firme pudiera hacerse y elevarse sobre su superficie” [303].

La Cuarta Parte de la *Teoría* huttoniana trata específicamente de la visión cíclica de Hutton. Hemos seleccionado algunos párrafos representativos, pero no son los únicos. El análisis del *ciclo geológico*

puede constituir un buen recurso didáctico para la reflexión en torno a la transformación de los materiales terrestres, pero no hay que olvidar que carece de realidad espacio-temporal (véase García Cruz, 2002).

9- La filosofía huttoniana se enmarca perfectamente en el mecanicismo según las propias palabras de su autor. Sin embargo, se plantea algo más que la tierra como máquina. Lee los siguientes fragmentos y comenta el significado que le da realmente Hutton al término *organismo*.

“Hemos considerado este planeta como una máquina, construida sobre principios tanto químicos como mecánicos...” [215].

“¿Mas se considerará este mundo simplemente como una máquina, que durará mientras sus partes conserven su posición actual, sus propias formas y cualidades? ¿O debe ser contemplado también como un cuerpo organizado? Como tal, tiene una constitución en la que se repara de forma natural la decadencia inevitable como máquina, mediante el esfuerzo de aquellas fuerzas productivas que la habían originado” [216].

El supuesto *organicismo* de Hutton reside en la necesidad de explicar los ciclos de decadencia y renovación que se darían en la Tierra. Este poder reparador es una característica animal de la que Hutton hace uso.

10- Hutton posee una visión holística de la Tierra. Analiza esta idea en alguno de los textos de su teoría [211], [212] y [286].

El hecho de que Hutton analizase la Tierra de una forma holística o global, nos permite considerarlo como precursor de la teoría general de sistemas, aunque estas ideas, en realidad, son mucho más antiguas (véase García Cruz (2004).

11- El suelo como soporte de la vida es una de las ideas fundamentales de la teoría huttoniana. Analiza en los siguientes textos la relación que tiene el origen del suelo con el ciclo geológico según Hutton.

“Una masa de tierra sólida no podría haber respondido al propósito de un mundo habitable; porque se necesita del suelo para el crecimiento de las plantas, y un suelo no es otra cosa que un conjunto de materiales que proceden de la destrucción de la tierra sólida. Por lo tanto, la naturaleza crea la superficie de esta tierra, habitada por el hombre, y llena de plantas y animales, para su decadencia, disolviéndose desde ese estado duro y compacto en el que se encuentra por debajo del suelo; y este suelo necesariamente es arrastrado por la circulación continua del agua, y

transportado desde las cimas de las montañas hasta las zonas donde va a fluir” [214].

“Si el suelo vegetal es removido, así, constantemente desde la superficie de la tierra, y si su lugar es reparado a partir de la disolución de la tierra sólida, como se representa aquí, podremos percibir un fin para esta hermosa máquina; un fin que no surge del error en la constitución como mundo, sino de esa capacidad de destrucción de la tierra que es tan necesaria en el sistema del globo, en la economía de la vida y de la vegetación” [215].

Fueron precisamente las observaciones sobre el suelo, su origen y transformación, en el tiempo que se dedicó a la agricultura, las que indujeron a Hutton al establecimiento de una fase importante del ciclo geológico.

A MODO DE EPÍLOGO

Esperemos que el significado que los alumnos (y también los profesores) capten sobre este material sea, siguiendo a Gowin (1981, p. 81), el significado que hemos pretendido que tenga para ellos, y se consume así el proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta forma habríamos conseguido que, en ambos casos, enriquezcan su bagaje conceptual para poder comprender un poco mejor cómo funciona este pequeño trozo del universo llamado Planeta Tierra, y que, a pesar de todas las vicisitudes curriculares actuales, queramos seguir estudiando.

BIBLIOGRAFÍA

- Ault, C.R. (1985). Concept mapping as a study strategy in earth sciences. *Journal of College Science Technology*, 15(1), 38-44.
- Escudero, C. y Moreira, M.A. (1999). La V epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 61-68.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-295.
- Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 253-258.
- García Cruz, C.M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 323-330.
- García Cruz, C.M. (2000). El Principio de Uniformidad (III). El Presente: Una aproximación al Neocatastrofismo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(2), 99-107.
- García Cruz, C.M. (2002). ¿Ciclos geológicos? Aproximación a la geología evolutiva. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10(2), 144-150.
- García Cruz, C.M. (2004). La “Teoría de la Tierra” (1785, 1788) de James Hutton: Visión cíclica de un mun-

do cambiante. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (este monográfico).

Gonçalves, P.W. (1998). As explicações sobre a origem das rochas e da terra: os vínculos das ciencias da terra com a religião (um estudo sobre James Hutton). *V Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Río de Janeiro, 28-31 de julio de 1998.

Gonçalves, P.W. (2004). James Hutton: Taxonomía, interpretación de cuerpos geológicos y enseñanza de la ciencia del Sistema Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (este monográfico).

Gonçalves, P.W. y Sica, N.A.L. (2000). Bases metodológicas para una educação em ciências: o exemplo da historia da geologia e da química (relações de James Hutton e Joseph Black). *XI Simposio sobre Enseñanza de la Geología*, 11-15 septiembre, Santander.

Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Cornell University Press, Ithaca (N.Y.).

Hutton, H. (1785, 1788). Teoría de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (este monográfico).

Marín Martínez, N. (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp. 43-55.

Mason, C.L. (1992). Concept mapping: a tool to develop reflective science instruction. *Science Education*, 76, 51-63.

Moreira, M.A. (1993). La Ve epistemológica de Gowin como recurso instruccional y curricular en ciencias. *Fascículos del CIEF, Ser. Enseñanza-Aprendizaje*, N° 3, IFUFRGS, Porto Alegre.

Novak, J.D. (1981). *The use of concept mapping and Gowin's "v" mapping instructional strategies in junior high school science*. Cornell University, Ithaca (N.Y.).

Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1984). *Aprendiendo a*

aprender. Ed. Martínez Roca, Barcelona (trad. castellana 1988).

Pedrinaci, E. (1993). Utilidad didáctica de la historia de la geología. *Aspectos didácticos de las Ciencias Naturales (Geología)* 5. I.C.E. Universidad de Zaragoza. *En: Educación Abierta* 105, 111-145.

Pedrinaci, E. (1994). La Historia de la Geología como herramienta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 2 (2-3), 332-339.

Prevost, P. y Jacobi, D. (1994). Les cartes conceptuelles: outil cognitif, instrument de communication ou moyen de recherche? *Didaskalia*, 5, 119-123.

Rodríguez Palmero, G. y Rodríguez Palmero, Mª L. (1998). Una propuesta de incorporación de la vertiente afectiva del conocimiento y del contexto en la V heurística. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3(3), 189-202.

Sanabria, I. y Ramírez de Mantilla, Mª S. (2004). Una estrategia de aprendizaje para integrar teoría y laboratorio de Física I mediante los mapas conceptuales y la V de Gowin. *En: A.J. Cañas, J.D. Novak y F.M. González (eds.). Mapas conceptuales: Teoría, metodología, tecnología. Primer Congreso Internacional sobre Mapas Conceptuales*. Pamplona, 14-17 septiembre.

Sequeiros, L., Pedrinaci, E., Álvarez, R. Mª y Valdivia, J. (1997). James Hutton y su Teoría de la Tierra (1795). Consideraciones didácticas para la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 11-20.

Sica, N.A. y Gonçalves, P.W. (2002). História da Química e da Geologia: Joseph Black e James Hutton como referências para educação em ciências. *Química Nova*, 25(4), 689-695.

Thiberghien, A. y Besançon, J. (eds.). (1994). *Les cartes conceptuelles*. *Didaskalia*, No. 5 (No. Spécial), INRP, París, 136 pp. ■