

JAMES HUTTON Y SU TEORÍA DE LA TIERRA (1795): CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA

*James Hutton and his Theory of the Earth (1795):
Teaching considerations for the Secondary School.*

Leandro Sequeiros, Emilio Pedrinaci, Rafael M^a Álvarez y José Valdivia ()*

RESUMEN:

Se celebra este año el bicentenario del fallecimiento de James Hutton (1726-1797), padre de la Geología moderna. Este acontecimiento puede considerarse como recurso didáctico de interés para los alumnos de Secundaria (12-18 años) y en especial en algunos de los temas pertenecientes a 4º curso de ESO y 1º de Bachillerato, en donde se insiste en los procesos geológicos internos. En este trabajo se sugieren diversos tipos de actividades, basadas en las ideas, los textos y las observaciones de campo realizadas en Escocia por James Hutton y contenidas en su Teoría de la Tierra (1795).

ABSTRACT:

The bicentenary event of the death of James Hutton (1726-1797), father of Modern Geology, is largely celebrated the present year 1997. That event will be a interested teaching tool for Secondary School (12-18 years) students and specially for the questions concerned to 4th level of Secondary, where the inner geological processes are included. Several didactic activities, based on ideas, texts and field observations realized in Scotland by James Hutton and contained in the Theory of the Earth (1795) are suggested.

Palabras clave: *James Hutton, Historia de la Geología, Didáctica de la Geología, Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Granito, Tiempo geológico, Actualismo.*

Keywords: *James Hutton, History of Geology, Earth Science Teaching, Secondary School, Granite, Geological Time, Uniformism.*

INTRODUCCIÓN

Este año de 1997 se celebran dos bicentenarios internacionales de carácter geológico: el del fallecimiento de James Hutton y del nacimiento de Charles Lyell. El INHIGEO (la Comisión de la UNESCO para la Historia de las Ciencias Geológicas) y muchas instituciones científicas y culturales dedicarán sesiones y congresos a glosar la figura de los que, de algún modo, son los "padres" de la geología moderna.

Desde el punto de vista didáctico, ambas figuras pueden ser recordadas y trabajadas como recurso en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. El presente trabajo pretende dar unas pistas para incorporar la figura de James Hutton en la Educación Secundaria. La personalidad y la obra de Charles Lyell será objeto de otro trabajo en este mismo número de *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*.

El uso de la Historia de las Ciencias y de la Geología en particular ha sido subrayada y utilizada repetidamente por algunos de nosotros (Pedrinaci, 1992b; 1993, 1994; Pedrinaci y Álvarez Suárez, 1992). La historia de la Geología tiene una triple utilidad: por una parte, ayuda al profesorado a conocer la construcción histórica de los conceptos geológicos así como de los obstáculos (en el sentido que le atribuye Bachelard, 1937, 1992) que encontraron

muchos de estos conceptos para integrar el conocimiento compartido por la comunidad científica. Algunos de dichos obstáculos mantienen un cierto isomorfismo con aquellos que deben superar los alumnos para el aprendizaje (Saltiel y Viennot, 1985).

Por otra parte, la historia de la Geología, en manos del equipo de profesores, es una herramienta que ayuda a seleccionar los contenidos relevantes, a definir el nivel de formulación más adecuado para cada nivel educativo y a elaborar la secuencias de contenidos. Por último, la historia de la Geología, y en nuestro caso, la aventura intelectual de Hutton y Lyell pueden ser un recurso de gran interés para mostrar a los alumnos la naturaleza abierta y cambiante del conocimiento científico, así como la historicidad de los planteamientos interpretativos de los fenómenos geológicos o la potencialidad de las controversias geológicas (Hallam, 1985; Álvarez Suárez, 1996) como fuente de avance en la construcción de la ciencia.

LA HISTORIA DE LA GEOLOGÍA ENTRE 1780-1840.

El período entre 1780 y 1840 es considerado por los historiadores de la Geología como uno de los más

(*) *Miembros del Equipo "Terra" de Investigación Didáctica en Geología. Apartado 5003. 14080 Córdoba. L.S. y E.P. son, además miembros de INHIGEO (Comisión Internacional para la Historia de las Ciencias Geológicas)*

fecundos en el desarrollo de esta ciencia. Se le suele denominar el “período heroico” de la Geología. Durante el mismo se pusieron los fundamentos epistemológicos de las modernas Ciencias de la Tierra. En 1780 se conocía muy poco sobre los procesos que condicionaban la dinámica terrestre pese a los esfuerzos de los primeros ingenieros de minas, los mineralogistas, los coleccionistas de fósiles y los geógrafos (Pelayo, 1991) y, sobre todo, se trataba de un conocimiento fragmentario, poco estructurado. Medio siglo más tarde, el panorama había cambiado sensiblemente. El uso del principio de actualismo (propuesto por James Hutton, que considera el presente como la llave para la interpretación del pasado) junto con modelos explicativos sobre las causas de los fenómenos geológicos, dieron lugar a lo que puede considerarse la primera “Teoría de la Tierra” suficientemente estructurada y universalmente aceptada. Es decir un paradigma (sensu Kuhn, 1975) de gran capacidad explicativa (Hallam, 1985; Pedrinaci, 1992; Álvarez Suárez, 1996; Sequeiros, 1983, 1996).

Esta visión de conjunto está presente en los cuatro capítulos históricos con que Charles Lyell prologa el primer volumen de los *Principles of Geology* (1830) y en las respuestas a este volumen del filósofo natural William Whewell (1794-1866). En esencia, puede considerarse la situación previa a 1780 como “preparadigmática”. En efecto, no se disponía en ese momento, ni en ninguno anterior, de una teoría fundamentada y universalmente aceptada. Por el contrario cada escuela o grupo de naturalistas defendía modelos explicativos particulares que con desigual fortuna ayudaban a entender ciertas características del relieve terrestre y de los cambios a los que se ve sometido. Los debates, las investigaciones y los trabajos de campo llevados a cabo en los años que siguen a 1780 van a concluir con la construcción del uniformitarismo como paradigma que va a dominar la geología durante más de un siglo. De ahí la enorme importancia de este período histórico.

Los especialistas en Historia de la Geología diferencian tres períodos en la evolución de las ideas geológicas entre 1780 y 1840 (Ellenberger, 1994): el primero de ellos se desarrolla entre 1780 y 1810, y está dominado por los debates entre Neptunistas y Plutonistas. Aunque la ciencia no es obra de un individuo sino de una colectividad, los nombres de Abraham Gottlob Werner (1750-1817) y de James Hutton (1726-1797) y sus seguidores ocupan el escenario histórico (Hallam, 1985; Dean, 1992; Pedrinaci, 1992).

El comienzo del segundo período histórico, relevante en el proceso de construcción del paradigma uniformitarista, puede relacionarse con la creación de la Sociedad Geológica de Londres en 1807. Haciendo explícito el intento de desarrollar el programa científico baconiano, los miembros de esta prestigiosa Sociedad científica (uno de cuyos representantes más conocidos fue William Smith (1769-1839), que siendo sólo agrimensor, desarrolló un amplísimo programa basado en los mapas geológicos, las observaciones estratigráficas y los fósiles) cumplió una función muy importante en el nacimiento y desarrollo de la Geología.

Charles Lyell fue Presidente de la misma desde 1835 y Charles Darwin, Secretario desde 1838.

El tercer período histórico está marcado por la vuelta del debate entre los catastrofistas y los uniformitaristas (Hallam, 1985). En realidad se trata de una controversia que se remonta a la antigüedad clásica, en el que el Diluvio Universal y la cronología bíblica ocuparon muchas veces la posición central (Milner, 1995) y que, si exceptuamos el período comprendido entre 1840 y 1960, ha estado siempre presente entre filósofos, naturalistas o geólogos (Pedrinaci, 1992a). La fase del debate que aquí nos ocupa corresponde a la década comprendida entre la publicación del primer volumen de *Principles of Geology* (1830) y 1840. En estos últimos años el catastrofismo estuvo representado sobre todo por Georges Cuvier (1769-1832) en Francia y William Buckland (1784-1856) en Inglaterra (Rudwick, 1986; Hallam, 1985).

Lyell tuvo una gran habilidad para mostrar las limitaciones y errores de las posiciones catastrofistas. Lyell arguía que las leyes naturales habían sido uniformes a lo largo del tiempo y que los geólogos no necesitaban acudir al recurso de las catástrofes para explicar fenómenos que sólo necesitaban mucho tiempo para que pudiesen tener lugar (ver el artículo sobre Lyell en este mismo número). El uniformitarismo dominará el panorama geológico durante más de un siglo.

LAS IDEAS GEOLÓGICAS DE JAMES HUTTON

El escocés James Hutton (1726-1797) (Figura 1) se interesó por la química desde su juventud. Escogió estudiar medicina en Edimburgo como la materia más afín con sus intereses (Bailey, 1950). Más tarde estudió en La Sorbona (París) y en Leyden (Holanda), donde obtuvo el doctorado con una tesis sobre la circulación de la sangre (McInthyre, 1970;



Figura 1: James Hutton

Hallam, 1985). Sin embargo, nunca se dedicó profesionalmente a la medicina. En vez de ello, en 1754 se hizo agricultor en Barwickshire, después de pasar dos años en Est Anglia.

Pese a todo, Hutton continuó interesándose en la química y se asoció, con éxito, a una pequeña industria que se dedicaba a la obtención de sal amónica. Esto le proporcionó algunos ahorros con los cuales volvió a Edimburgo como un caballero acomodado que le permitió dedicarse a sus intereses científicos. Solterón empedernido, como Werner, permaneció en su ciudad toda su vida, centrando su actividad social en torno al aristocrático Oyster Club. Allí acudían sus amigos, entre los que se encontraban el químico Joseph Black, el matemático John Playfair y el economista Adam Smith. Puesto que el filósofo David Hume también vivía en Edimburgo, no es de extrañar que esta ciudad fuera conocida como la Atenas del norte. De todos ellos, el que más influencia científica tuvo sobre Hutton fue Joseph Black con el que discutía a menudo.

En solitario o en compañía de alguno de sus amigos, Hutton visitó muchas localidades cercanas a Edimburgo y que luego se han considerado clásicas para la historia de la geología: Siccar Point, Eldin, la finca del duque de Atholl en el Glen Tilt...

Además, Hutton aportó datos geofísicos de interés. En 1778, junto con Maskrline¹ determinó, gracias al desvío de una plomada cerca de montañas elevadas, que la densidad media de la Tierra podía ser de 5 gramos por centímetro cúbico. Dado que las rocas halladas cerca de la superficie sólo tienen densidades de unos 3 gramos por centímetro cúbico, concluyó que en el interior de la Tierra debería haber otros materiales diferentes y más pesados.

Según su biógrafo Playfair (1802), Hutton como científico reunía una capacidad poco corriente de observación, penetrante y aguda, con la capacidad de discurrir teorías originales y audaces. Dos elementos de la personalidad de Hutton confluyeron en la construcción de su síntesis geológica: por un

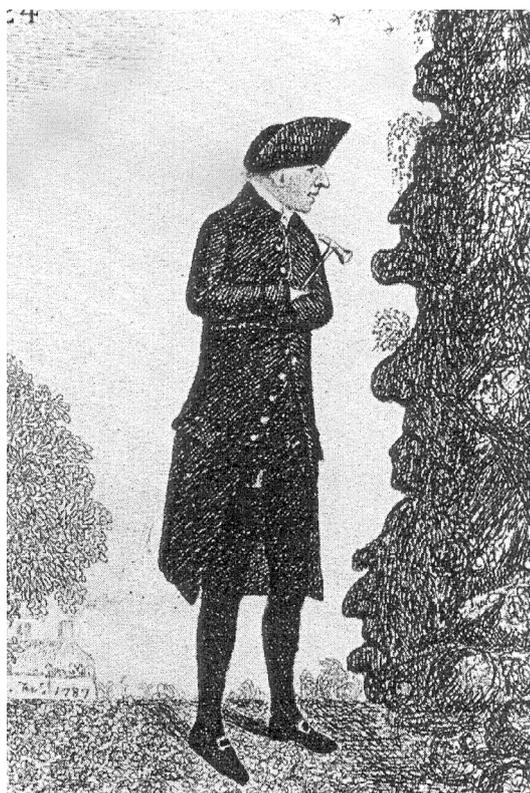


Figura 2: caricatura de la época de James Hutton.

lado, Hutton, como muchos de sus amigos en Escocia, rechazaba el cristianismo tradicional por su aceptación de la verdad por revelación. Hutton era deísta y pensaba que Dios no interviene en los procesos y que éstos se pueden explicar sin acudir a la subordinación a la Biblia.

Por otra parte, Hutton estaba muy influido por las ideas de Isaac Newton. Una interpretación de Newton común a los filósofos de la época es que el “éter” o “fluido sutil” era la causa de una serie de fenómenos físicos que iban desde la gravitación y el calor a la electricidad y magnetismo. Hutton es fiel a esa tra-

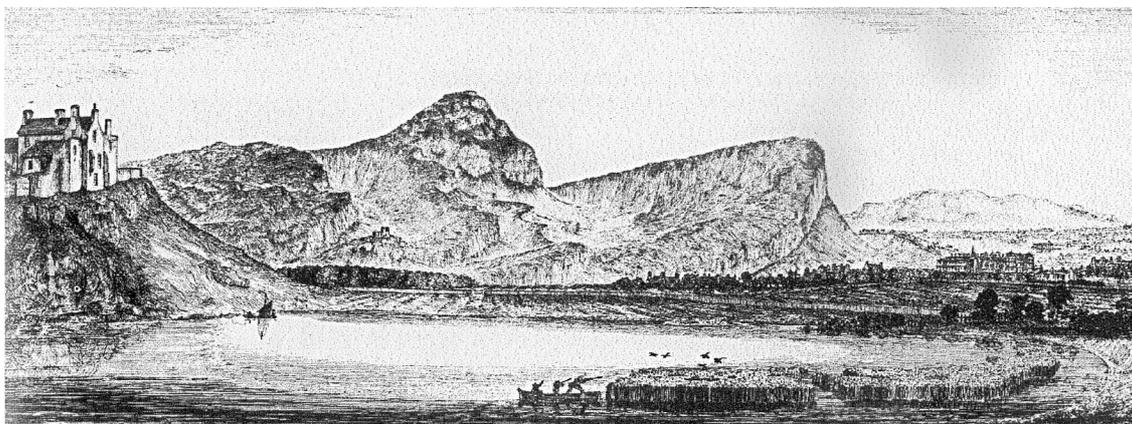


Figura 3: La silla de montar, en las inmediaciones de Edimburgo (la ciudad está situada al pie), lugar visitado por Hutton.

(1) Maresch, W. y Medenbach, O. (1990) Rocas. Edit. Blume, pág. 10

dición. Para él, el calor fluido era transformado en el interior de la Tierra en “calor latente” (un concepto introducido por su amigo el químico Black) que causa la fluidez que precede a la consolidación, expansión y elevación de la superficie de la Tierra.

De acuerdo con la metáfora newtoniana, la Tierra, al igual que el universo, es un gigantesco mecanismo que se mueve con una gran fidelidad, como un reloj perfectamente sincronizado. Para Hutton, el tiempo es newtoniano, como un círculo sin principio ni fin. Los planetas, igual que los ciclos geológicos, giran en sus órbitas indefinidamente y sus leyes reflejan la sabiduría del Hacedor en un ciclo que no exige necesariamente un inicio ni un final (Gould, 1992).

Dos claves en las observaciones de Hutton alimentaron el descubrimiento del tiempo profundo: la primera, al reconocer al granito como una roca ígnea, considera que éste representa una fuerza restauradora de construcción del relieve y por ello la Tierra no está sujeta a un proceso irreversible de degradación, erosión y desgaste (O'Rourke, 1978).

La segunda clave: la interpretación que hace Hutton del origen de los relieves geográficos como límites entre ciclos de construcción y destrucción, lo que suministra evidencia directa de la sucesión de períodos de tipo cíclico que se prolongan indefinidamente en el tiempo.

El actualismo como principio metodológico.

Hutton dedicó sus últimos años a la observación directa de las rocas y de los procesos naturales. En sus escritos ante la Royal Society of Edinburgh en 1785 presentó su contribución científica principal: el principio del **actualismo**. Dos de esos trabajos fueron publicados en 1788 en las *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* bajo el título *Theory of the Earth, or an Investigation of the Laws Observable in the composition, dissolution and restoration of Land upon the Globe* (Bailey, 1950). Las ideas de Hutton fueron recogidas en su obra publicada en dos volúmenes, *Theory of the Earth with proofs and Illustrations*, publicada en 1795. El tercer volumen estaba parcialmente terminado cuando le llegó la muerte.

El punto de vista de Hutton es que los fenómenos geológicos del mundo pueden ser explicados en términos de procesos observables, y que esos procesos actúan ahora sobre y en el interior de la Tierra operando con uniformidad a lo largo de inmensos períodos de tiempo. Estos dos trabajos marcan un punto de partida de la geología. Desde entonces, la geología es una ciencia construida sobre el principio de actualismo. Las ideas de Hutton chocaron con el punto de vista de los geólogos de su tiempo, entre los que todavía era usual considerar que la Tierra había sido creada 6.000 años antes de acuerdo con la narración del Génesis (Dean, 1975).

Las rocas, defendían los neptunistas, se habían formado cuando inmensas cantidades de minerales habían precipitado en el fondo del mar primitivo. También las montañas se habrían originado en

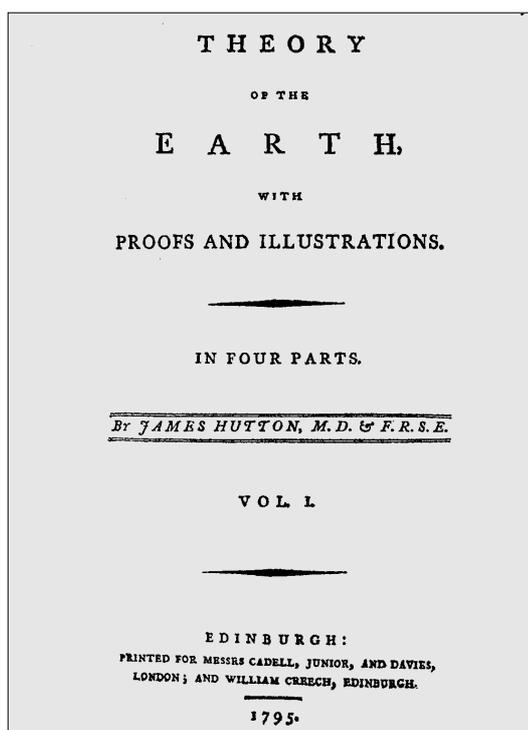


Figura 4: Portada de Teoría de la Tierra (*Theory of the Earth*) en la 1ª edición, de 1795.

aqueellos primeros momentos y desde entonces se habían ido desgastando. El significado de la formación de rocas por medio del vulcanismo y otros procesos generados por calor en la corteza de la Tierra eran casi completamente desconocidos.

Las ideas de Hutton eran diametralmente contrarias a muchas de las de sus contemporáneos. El afirmaba que muchas rocas se habían formado por procesos sedimentarios. Pero añadía que la consolidación de esas rocas no se debía solo a la precipitación acuosa sino también a la presión y a la temperatura. Afirmaba que, junto con procesos erosivos, existían otros causantes de construcción de montañas debidos al vulcanismo y a otros procesos en los que el calor central de la Tierra originaba nuevas rocas que elevaban la superficie terrestre. Estas nuevas montañas y otras formas terrestres eran luego erosionadas y depositadas como sedimentos en el mar, del cual podrían luego emerger debido a procesos generados por el calor. Los procesos de erosión, transporte, sedimentación y elevación eran cíclicos y se habían repetido muchas veces en la historia de la Tierra. Dada la enorme cantidad de tiempo necesario para esos ciclos, Hutton afirmó que la edad de la Tierra debía ser inconcebiblemente larga.

Las ideas de Hutton no tuvieron en su tiempo la influencia, que sin duda merecían, entre los científicos europeos debido al estilo literario muy farragoso utilizado. Sin embargo la publicación en 1802 de la obra de su amigo John Playfair *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*, concisa y clara, hizo posible el conocimiento, el entendimiento y la difusión europea de sus tesis.

Hutton y los ciclos geológicos

Uno de los conceptos estructuradores de las teorías de James Hutton es el de “**ciclo geológico**” (Eves y Davis, 1989; de Manuel, 1996). La tesis doctoral en Leyden sobre la circulación de la sangre convenció a Hutton de la ciclicidad y recurrencia de los procesos naturales. La influencia de la filosofía Newtoniana es clara a este respecto (McIntyre, 1970). Posiblemente, su amistad con Adam Smith en el Oyster Club de Edimburgo no fueron completamente ajenas a la concepción del ciclo en Hutton.

En la geología más clásica, la palabra “**ciclo**” se usa en dos sentidos:

Ciclo geológico: entendido como una sucesión de procesos que implican teóricamente tres fases: 1ª surgimiento o emergencia de un terreno. 2ª erosión de ese terreno. 3ª transpote y sedimentación de los materiales erosionados (en particular, un **ciclo sedimentario** sería un conjunto de sedimentos depositados en una cuenca, entre dos períodos de emersión o de tendencia a la emersión).

Ciclo de erosión o Geomorfológico: concepto expuesto a principio del siglo XIX por W.M. Davis, y según el cual una brusca deformación del relieve origina una fase de erosión intensa en los puntos altos, erosión que convierte paulatinamente este relieve en penillanura (se llega así, idealmente, al punto de partida, es decir, a una superficie a partir de la cual podría elaborarse otro ciclo).

El pensamiento de Hutton sobre el ciclo geológico no está tan elaborado. Playfair (1802, en Hallam, 1985, p.31) describe de modo muy gráfico el proceso del pensamiento de Hutton. Al estudiar la famosa discordancia de Siccar Point, en la cual las areniscas devónicas sub-horizontales descansan sobre pizarras y grauvacas silúricas casi verticales, escribe -entre otras cosas-: “Aparecían revoluciones todavía más remotas en la distancia de esta perspectiva extraordinaria. Nuestros pensamientos corrían vertiginosamente al contemplar el abismo del tiempo”. Hutton vio la Tierra como un cuerpo con propósito (Hutton, 1788, p.209), que funcionaba de acuerdo con unas leyes puestas por Dios (como el famoso reloj mecanicista de los newtonianos). Y entre esas leyes estaba la fuerza restauradora, la base de la ciclicidad, (Gould, 1992) ya que la Tierra (según Hutton) fue construida como un habitáculo para la vida y especialmente la humana. El carácter cíclico de todos los fenómenos naturales es, para Hutton, un principio *a priori*. Para él, el mundo es una máquina que ordena toda la complejidad histórica como un ciclo de sucesos repetitivos tan regulares como la revolución (en sentido copernicano, de movimiento en órbitas) de los planetas en el sistema newtoniano. “El ciclo del tiempo forma el corazón de la visión de Hutton para una teoría de la visión racional de la Tierra. Hutton desarrolló su teoría, imponiendo a la tierra la más rígida e incomprometida versión del tiempo cíclico nunca desarrollado por un geólogo” (Gould, 1992, 97).

CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

¿Tienen interés didáctico las ideas de Hutton?. Aunque su figura resulte un poco alejada en el tiempo, la importancia de sus aportaciones a la construcción de la geología como ciencia y las conexiones de algunas de sus ideas con otras mantenidas por estudiantes de Educación Secundaria (12-18 años) aconsejan su aprovechamiento, más allá del ocasional bicentenario que este año se cumple. En efecto, para Laperrière-Tacussel (1995) y Orange (1995) los alumnos tienen en ocasiones representaciones mentales sobre el interior de la Tierra similares a las sostenidas por Hutton. Para conocer esas ideas y contribuir a superar los obstáculos epistemológicos, trabajar sobre los conceptos huttonianos puede ser de gran ayuda. Se formulan a continuación algunas sugerencias y propuestas de actividades.

Una actividad inicial para la exploración de las ideas de los alumnos la hemos realizado con alumnos de 4º de ESO en torno al vídeo de la Open University sobre James Hutton (“Geología”, S243). También, aprovechando las ideas plutonistas de Julio Verne, puede analizarse un texto de su novela de “Viaje al Centro de la Tierra”. En ella se narra de forma muy expresiva cómo el catedrático de Hamburgo, Otto Lidenbrok encuentra en 1863 un manuscrito islandés del siglo XVI en el que se contiene un mensaje cifrado sorprendente: muestra un camino para llegar al centro de la Tierra desde el volcán Sneffels en Islandia. Junto con su sobrino Alex y un guía nativo llamado Hans inician la aventura:

“Muy poco rato llevábamos descendiendo cuando nos dimos cuenta que la galería estaba formada por capas de terreno primitivo. La luz de los aparatos iluminaba las mil facetas de la masa rocosa, parecía que viajábamos a través de un diamante.

Hacia las seis de la tarde cesó el reflejo casi por completo. Las paredes parecían cristalinas, pero sombrías; la mica se mezclaba con el feldespato y el cuarzo, que forman la roca por excelencia, la piedra más dura, la que soporta el peso de la envoltura terrestre. Estábamos en una cárcel de granito. Pero de agua, ni gota.

-La falta de agua es el único obstáculo que se opone a mi intento. No hemos encontrado agua en la galería del este, pero la encontraremos en la del oeste.

Yo hice un gesto de duda.

Déjame hablar - continuó el profesor-. He reconocido un poco la otra galería. Se hunde directamente en las entrañas de la tierra y en pocas horas estaremos en el centro del macizo granítico. Tiene que haber agua allí. Cuando Colón estaba a punto de llegar al final de su viaje, tuvo que pedir a sus marinos un plazo de

tres días para poder descubrir el nuevo mundo. Yo, Colón de estas regiones, sólo te pido uno. Si pasado este plazo no hemos encontrado agua, te prometo volver a la superficie de la tierra.”

Se pueden proponer distintas cuestiones a los alumnos, por ejemplo: ¿Creéis que hay fuego en el interior de la Tierra? ¿Sabes lo que es el granito? ¿Qué hace el granito en el interior de la Tierra? ¿Forma parte de la Tierra primitiva, la de la época de la creación? ¿Cómo interpretas que el granito es “la piedra más dura, la que soporta el peso de la envoltura terrestre”? ¿Cómo se ha formado el granito? ¿Por qué no encuentran agua en el granito? ¿Se formó el granito en el centro de la tierra?

1. Hutton y el origen del granito.

Problema: La Sierra de Guadarrama en Madrid, parte del Pirineo, Galicia o el borde sur de Sierra Morena, en las provincias de Sevilla, Córdoba y Jaén tienen yacimientos y canteras de Granito. ¿Está ahí el granito desde siempre? ¿Cómo crees que han llegado hasta allí esas rocas?

Se pueden proponer a los alumnos problemas similares a éste. El ideal sería plantearlo dentro de una visita a una masa granítica. Sus respuestas pueden resultar de gran utilidad para el tratamiento posterior.

En el siglo XVIII, el geólogo más influyente de Europa era Abraham Werner. Como se ha indicado con anterioridad, para él y su escuela, desde el principio del mundo, las montañas y los valles no habían cambiado gran cosa. Sólo la erosión había ido rebajando los relieves y llenando los valles. Las rocas desmenuzadas iban al fondo del mar, donde se acumulaban para formar nuevas rocas. Incluso el granito se habría formado en el fondo del mar en épocas muy remotas, era la roca primordial. Pero James Hutton, en sus excursiones por el sur de Escocia, encontró rocas sedimentarias muy antiguas, formadas por areniscas y pizarras, y que estaban formando estratos. Estos estratos estaban atravesados por filones de granito. Hacia 1760, Hutton ya tenía una respuesta.

¿Qué conclusiones se te ocurre que se podría deducir de esta observación hecha por Hutton? ¿En qué contradecía la teoría de Werner?

Los alumnos pueden plantear sus hipótesis sobre la antigüedad y formación del granito y su relación con las rocas sedimentarias. El razonamiento podría ser éste: a Hutton no le cupo la menor duda de que ese granito procedía de un material fundido, localizado hacia el interior de la Tierra. Dedujo que

los cristales de cuarzo y feldespato habrían cristalizado simultáneamente a partir de un estado de fusión. Ese granito fundido había atravesado las rocas sedimentarias, consolidándose después. Hutton llegó a la conclusión de que las rocas sedimentarias estaban antes de que el granito se solidificara. Por tanto, el granito no era la roca primordial.

Problema: James Hutton visitó la localidad de Glen Tilt. Allí encontró granito y pizarras. Charles Lyell, en sus Principes of Geology (Principios de Geología, 1830) presenta el siguiente dibujo (Figura 2) con el esquema geológico de Hutton. A la vista del dibujo, ¿cómo crees que Hutton mostró el origen ígneo del granito?

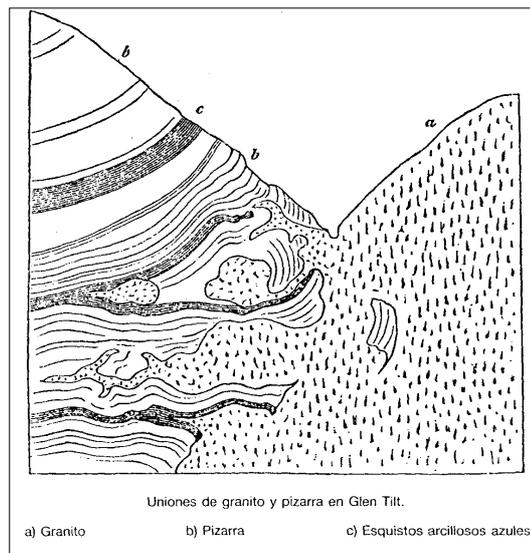


Figura 5: Una ilustración de la primera edición de los Principes of Geology de Charles Lyell (1830) mostrando el famoso lugar donde Hutton confirmó la naturaleza ígnea del granito. (Tomado de Gould, 1992, p.90)

La confirmación de sus teorías se encuentra en este texto de su amigo y compañero Playfair:

Cuando hubieron alcanzado Forest Lodge, a unas siete millas aguas arriba del valle, el doctor Hutton se encontró rodeado de ejemplos que deseaba examinar. En el lecho del río se podían ver varios filones de granito rojo atravesando las pizarras negras que producían, por el contraste de colores, un efecto que habría llamado la atención incluso de un observador profano. La contemplación de los ejemplos que demostraban, de golpe, muchas conclusiones importantes de su sistema, le llenaron de satisfacción.

En ocasiones como ésta, sus sentimientos se expresaban ruidosamente, por lo que los guías que lo acompañaban estaban convencidos de que lo menos que había descubierto era un filón de plata o de oro, por el gran entusiasmo que demostraba.

Este es un excelente ejemplo de cómo la teoría precede a la observación o, desde otra perspectiva, cómo la observación está cargada de teoría. Gohau (1987) destaca que en el capítulo V de la *Theory of the Earth* señala que algunos naturalistas, como Deluc, han visto calizas horizontales dispuestas sobre esquistos replegados sin mostrar la importancia de este hecho. Hutton considera que esos esquistos han debido ser cortados por la erosión antes del depósito de la caliza y prevé la existencia de discordancias angulares, así como la importancia de éstas para datar los procesos orogénicos. Hutton entendió el significado de las discordancias angulares antes de verlas, Deluc, y tantos otros antes que él, las había visto sin entender la información que aportaban. De ahí el entusiasmo que mostraba ante estos hallazgos, como el relatado en el texto anterior o en el más conocido ante la observación de la discordancia de Siccar Point.

2. Hutton y el actualismo.

Para introducir el actualismo como método científico nada tan útil como el trabajo con los fósiles. Así, se puede partir de alguna pregunta como éstas:

Problema: ¿Por qué sabemos que muchas zonas de nuestro país estuvieron en otros tiempos bajo el mar?. Si hoy no existen los dinosaurios, ¿cómo sabemos tantas cosas sobre su vida?

Los alumnos de estas edades aplican en muchos casos (desde luego en la interpretación de la presencia en los continentes de fósiles marinos) el principio del actualismo aún sin conocerlo (Pedrinaci y Berjillos, 1994). Conviene, por tanto, partir de ahí para poner en evidencia el uso de este principio metodológico y extrapolar su utilización a otros supuestos menos obvios. Así, puede reflexionarse sobre los métodos indirectos: la comparación con reptiles actuales, la interpretación de los huesos y dientes, las pisadas,...

Algunos aspectos prácticos del actualismo conviene trabajarlos con los alumnos en el campo. Por ejemplo, en algunas costas españolas (como la de Huelva) se encuentran en la playa arenosa conchas de moluscos que se hallan también tierra adentro, en los estratos arenosos del Plioceno. Los alumnos pueden interpretar cómo los fósiles llegaron hasta allí cuando se observa cómo se van acumulando conchas llevadas por la marea en las playas actuales.

Según todos los autores, la aportación más relevante de Hutton a la Geología es haber establecido un principio metodológico, gracias al cual es posible poder hacer afirmaciones relativas a procesos muy alejados en el tiempo a partir de lo observado en el campo. Es el **principio del actualismo**.

En síntesis, el razonamiento de Hutton, típicamente empirista, es el siguiente:

“el hombre percibe con placer el orden y la regularidad con que se presentan las obras de la naturaleza, en vez del natural disgusto ante el desorden y la confusión. Si la piedra que hoy cae mañana fuese levantada, sería el fin de la filosofía natural, nuestros principios fracasarían, y ya no continuaríamos investigando más las reglas de la naturaleza de acuerdo con nuestras observaciones” (Theory of the Earth, 1785).

Gracias a que las leyes naturales han existido siempre de la misma manera que ahora, podemos interpretar el pasado: “el presente es la llave para interpretar el pasado”.

Leer y comentar el siguiente texto de Hutton:

“Debemos descifrar los trabajos de pasadas épocas en el actual estado de los cuerpos naturales, y de su interpretación hemos de llegar a la conclusión de que nada tenemos, excepto las leyes de la naturaleza establecidas en la ciencia del hombre por su razonamiento inductivo. Pero el hombre no está satisfecho al advertir cómo se encuentran las cosas: se esfuerza por saber cómo han existido y las que están por existir”. (Theory of the Earth, 1785).

¿Qué quiere decir Hutton con estas palabras? ¿Qué es el empirismo?. Al ver hoy un trozo de granito, ¿qué podemos decir de los granitos antiguos?. En las playas del norte de España, se observan huellas de marea en la arena. Huellas similares se pueden contemplar también en los sedimentos cretácicos de los alrededores. ¿Cómo interpretarlos con el método actualista?

3. Hutton, los ciclos y el Tiempo geológico.

Hemos resaltado con anterioridad la importancia que tiene el concepto de “ciclo geológico” en la Teoría de la Tierra de Hutton. Para “el padre de la geología”, la Tierra es una máquina cuya finalidad es la habitabilidad para la vida y la especie humana. Por ello, el que haya un ciclo de degradación (debido a la erosión y los terremotos) seguido de un ciclo de restauración (debido al calor interno terrestre que eleva nuevas cordilleras) es un principio *a priori*.

Puede resultar útil trabajar con textos como los siguientes:

“Toda la superficie de la Tierra está formada conforme a un sistema regular de elevaciones y depresiones, colinas y valles, afluentes y ríos, y esos ríos devuelven las aguas de la atmósfera a la masa general, de igual forma que

la sangre, volviendo al corazón, es conducida a través de las venas” (Hutton, 1795, tomo II, pág. 533)”....”Así somos inducidos a ver la circulación como materia de este mundo, a semejanza de un sistema de grandiosa economía en las obras de la naturaleza. Este planeta, como el cuerpo de un animal, es desgastado al mismo tiempo que es reparado. Tiene una etapa de crecimiento y aumento y otro de disminución y decadencia” (Hutton, 1795, tomo II, pág. 562)

¿Qué quiere decir Hutton en estas frases? ¿Con qué compara la Tierra? ¿Influyen sus estudios de medicina y su experiencia de agricultor en su visión de la naturaleza? ¿Cómo sería el ciclo geológico, según Hutton? ¿Le pondríamos hoy algunas objeciones?

El concepto de “ciclo geológico” da lugar en Hutton a la consideración de la inconmensurabilidad del tiempo, no en el sentido de infinitud sino de indefinición, de incapacidad para poder medirlo.

Problema: en tiempos de Hutton, muchos naturalistas creían que el mundo tenía solo unos cuantos miles de años. ¿En qué se basaban para esta afirmación? ¿Cómo demostrarías que la Tierra tiene muchos millones de años?

El concepto de Tiempo geológico de Hutton es muy complejo y se ha prestado a diversas interpretaciones y críticas. La tradición de la iglesia anglicana interpretó literalmente la Biblia. Así, el Arzobispo Primado de Irlanda, **Ussher** escribe el 1658: “En los comienzos Dios creó los cielos y la Tierra (Gén.1.1) y de acuerdo con nuestra cronología, ese día coincide con la entrada de la noche que precedió al 23 día de octubre del año 710 del calendario juliano” (es decir, 4.004 años antes de Cristo). Tal vez la aportación más importante de Hutton es que el **tiempo geológico** tiene unas magnitudes difícilmente imaginables. Se puede leer y comentar el texto siguiente:

“Para resumir nuestro argumento, estamos seguros de que las costas de los continentes actuales están erosionadas por el mar, y en conjunto se van destruyendo; pero esta operación es tan extremadamente lenta que no podemos encontrar una medida cuantitativa para poder calcularla. Por consiguiente, los actuales continentes de la Tierra, que consideramos como si estuvieran en un estado de perfección, según los procesos naturales del planeta, necesitarían un tiempo indefinido para destruirse” (Hutton, Theory of the Earth, 1795).

Hutton concluía su artículo de 1788 con esta famosa frase: “El resultado, por tanto, de nuestra investigación actual es que no encontramos huellas de un principio, ni perspectiva de un final”.

¿Se refiere Hutton a que el mundo no tiene principio? ¿Niega la creación, como algún detractor suyo (como Kirwan) decía?. Tal vez este texto de su biógrafo, Playfair, pueda aclarar algo:

“El autor de la naturaleza no ha dado leyes al universo que, como ocurre en las instituciones de los hombres, lleven en sí mismas instrumentos de su propia destrucción. En sus obras no ha permitido que aparecieran signos de infancia ni de vejez, ni tampoco signo alguno por el que podamos calcular lo que durará su futuro ni su pasado”.

Para más actividades e información: Pedrinaci y Berjillos (1994), Sequeiros, Pedrinaci y Berjillos (1996); Yus y Sequeiros, (1995).

4. Hutton y el origen del basalto.

Para introducir la problemática puede mostrarse a los alumnos un fragmento de basalto. En el caso de vivir en Canarias resulta fácil mostrar además algún afloramiento o, por ejemplo, en Cataluña pueden verse las coladas basálticas de Castelfollit de la Roca (Girona). En todo caso es posible mostrar algunas diapositivas, fotografías o videos de zonas basálticas del mundo. La “Calzada de los Gigantes” de Irlanda es un ejemplo muy didáctico.

*Problema: El nombre de **basalto** había sido resucitado por Agricola en el siglo XVII cuando redescubrió la roca cristalina de color oscuro, descrita por Plinio. El geólogo Abraham Werner la había reconocido en Sajonia. Aunque otros la interpretaban como volcánica, él insistió que se trataba de una roca producida por precipitación química en el océano. Werner no negó la existencia de los volcanes, pero pensaba que eran muy recientes. Como negaba la existencia de “calor interior” en la Tierra, explicó el origen de la lava como producto de la combustión espontánea del carbón enterrado en el fondo del mar. ¿Tenían fuerza los argumentos de Werner? ¿cómo crees que se formaron las grandes masas de basalto de Canarias o de Girona? ¿Y el basalto de Irlanda?*

Puede orientarse el tratamiento de problemas con algunas informaciones. Así, James Hutton tiene una idea muy diferente a la de Werner: el texto siguiente puede servir para un debate entre los alumnos:

“Un volcán no ha sido hecho con el propósito de asustar al pueblo supersticioso para que se convierta a la piedad y a la devoción, ni tampoco para hundir a ciudades predestinadas. Un volcán debería considerarse como un respiradero del horno subterráneo para prevenir las innecesarias elevaciones de la tierra y los fatales resultados de los terremotos” (Hutton, Theory of the Earth, 1795)

Hutton, siguiendo el modelo del universo mecánico de Newton y de la máquina de vapor inventada por su amigo Watt, consideraba que la Tierra es una máquina gigantesca que se mueve gracias al “calor central”. La existencia de filones que atravessaban rocas encajantes, le hablaban de masas de roca fundida a profundidades grandes de la Tierra. Por tanto, el interior de la Tierra era una fuente de gran calor, y éste se liberaba periódicamente gracias al vulcanismo, y causaba levantamiento de tierras y provocaba mayor erosión para nivelarlas. El poder expansivo del calor interior de la Tierra, llevaba a levantamientos del fondo marino y elevación de cordilleras (tal como atestiguaba la presencia de fósiles marinos en las tierras emergidas) y éstas serían desgastadas por la erosión. Esta capacidad volcánica de la Tierra -según Hutton- va disminuyendo a medida que se va perdiendo el calor interior.

Resulta útil animar a los alumnos a discutir sobre el posible origen de los volcanes y sobre la posibilidad de que exista fuego dentro de la Tierra. ¿Cómo se podría demostrar que en el interior de la Tierra no hay fuego? ¿Cómo es el interior de la Tierra? ¿Qué datos aportan los terremotos?.

5. Una actividad de síntesis

Como actividad de recapitulación, e incluso de evaluación para alumnos de la secundaria postobligatoria se sugiere leer y comentar las ideas más relevantes de este texto:

Antes de Hutton, la geología no existía y se acepta en general que esta ciencia se constituye como tal en los cincuenta años comprendidos entre 1775 y 1825. En 1775, el amigo íntimo de Hutton, James Watt, construyó la primera máquina de vapor y Werner, que fue el conductor de los neptunistas, comenzó a impartir enseñanza en la Academia de Minas de Freiberg. En 1825 entró en servicio el primer tren de pasajeros, y Lyell, que nació en el mismo año en que murió Hutton, preparaba sus Principles of Geology (Principios de Geología) -la “piedra angular” de la nueva ciencia. Los mismos años presenciaron la Guerra de Independencia de los Estados Unidos, las revoluciones Industrial y Francesa, y las guerras Napoleónicas. Fue la época de Wordsworth y Coleridge, Byron y Shelley, Goethe y Schiller, Scott y Burns.

Durante este período, los trabajos de Haüy sobre las propiedades físicas de los minerales y el de Joseph Black sobre la composición química, pusieron los cimientos de la petrología y los del estudio de los materiales de la corteza terrestre. La paleontología estratigráfica y la técnica de la cartografía de campo fueron iniciadas por William Smith; pero no fue sino Hutton, y solamente Hutton, quien suministró a la geología un esquema dinámico -una teoría en sentido original de “algo visto en la mente”-. De esta manera, Hutton desarrolla el mismo

papel en la geología que Newton en la astronomía o Darwin en la biología. El poder de la mente para entender es comprensión, y estos gigantes intelectuales nos han dado la comprensión de los grandes procesos que nos rodean. Por esta razón, Hutton merece el título de “fundador de la Geología Moderna”.

McIntyre (1970) “James Hutton y la Filosofía de la Geología. En: Albritton, C.C. Jr. *Filosofía de la Geología*. CECSA, México, pp. 11-12.

CONCLUSIONES

La Historia de la Geología puede ser un eficaz recurso didáctico en Ciencias de la Tierra. El bicentenario de la muerte de James Hutton es una ocasión irrepetible, o quizá una buena excusa, para trabajar algunos conceptos y métodos básicos de la geología, adaptados al nivel de Secundaria. En este trabajo se sugieren diversos tipos de actividades, basadas en textos y observaciones de Hutton. Pueden construirse muchas más. Su utilidad está especialmente relacionada con algunos de los temas que se trabajan en 4º de ESO y 1º de bachillerato, en donde se insiste en los procesos geológicos internos.

BIBLIOGRAFÍA:

- Alvarez Suárez, R.M. (1996). Las controversias científicas. Sus implicaciones didácticas y su utilidad mediante un ejemplo: la controversia sobre la edad de la Tierra. *Alambique*, Edit. Graó, Barcelona, 8, 63-69.
- Bachelard, G. (1937). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin, París (trad.españ.: (1992) *La formación del Espíritu Científico*. Editorial Siglo XXI, México).
- Bailey, E.B. (1950). James Hutton, the founder of Modern Geology (1726-1797). *Royal Soc. Edinburgh Proceed.* vol.63, ser.B, 357-368.
- Dean, D.R. (1975). James Hutton on Religion and Geology: the unpublished preface to his Theory of the Earth (1788). *Annals Science*, 3, 187-193.
- Dean, D.R. (1992). *James Hutton and the History of Geology*. Cornell University Press, 303 páginas.
- de Manuel, J. (1996) ¿Por qué hay fósiles en las montañas?. Algunas concepciones sobre el ciclo y el tiempo geológico. *Alambique*, Edit.Graó, Barcelona, 8, 115-124.
- Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la Géologie. 2: La grande écloison et ses prémices, 1660-1810*. Tec&Doc (Edit.Lavoisier), 318 páginas.
- Eves, R.L. y Davis, L.E. (1989) Is the rock cycle an outdated idea, or a unifying concept?. *Journal of Geol.Education*, 2, 108-110.
- Gohau, G. (1987). *Histoire de la Géologie*. La Découverte, Paris, 259 páginas.
- Gould, S.J. (1992). *La flecha del Tiempo. Mitos y metáforas en el descubrimiento del Tiempo Geológico*. Alianza Universidad, Madrid, 736, 232 páginas.
- Hallam, A. (1985). *Grandes Controversias Geológicas*. Edit.Labor, Barcelona, 180 páginas.
- Hutton, J. (1788). Theory of the Earth. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 1, 209-305.
- Hutton, J. (1795). *Theory of the Earth with proofs and Illustrations*. William Creech edit, Edimburgo.
- Kuhn, T.S. (1975). *Estructura de las Revoluciones Científicas*. (Con la postdata de 1969). Fondo de Cultura Económica, México, 319 páginas.

- Laperrière-Tacussel, M. (1995). Le Volcanisme, du cours moyen à l'U.F.M. *Aster*, París, 20, 61-84.
- McIntyre, D.B. (1970). James Hutton y la Filosofía de la Geología. En: Albritton Jr, C.C. edit. *La Filosofía de la Geología*, CECSA, México, 11-24.
- Milner, R. (1995). *Diccionario de la Evolución*. voces "Hutton", "Actualismo" y paralelos.
- Orange, Ch. (1995). Volcanisme et fonctionnement interne de la Terre. Repères didactiques pour l'enseignement de l'école élémentaire au Lycée. *Aster*, París, 20, 85- 104.
- O'Rourke, J.E. (1978). Comparaison of James Hutton's Principles of Knowledge and Theory of the Earth. *Isis, History of Science*, 69, 4-20.
- Pedrinaci, E. (1992a). *Construcción histórica de los conceptos de cambio geológico, tiempo geológico y origen de las rocas. Aportaciones para su enseñanza y aprendizaje*. Memoria Investigación curso doctorado, Univers.de Sevilla, 160 pp.(inéd.).
- Pedrinaci, E. (1992b). Catastrofismo versus actualismo. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*. 10 (2), 216-222.
- Pedrinaci, E. (1993). La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. *Enseñ.de las Ciencias*, 11 (3), 315-323.
- Pedrinaci, E. (1994). La Historia de la Ciencia como herramienta didáctica. *Enseñ.Ciencias de la Tierra*, 2(2-3), 332-339.
- Pedrinaci, E. y Alvarez, R.M. (1992). Obstáculos en la construcción de las nociones acerca del origen de las rocas. *VII Simposio de Enseñanza de la Geología*. Santiago. pp. 173-184.
- Pedrinaci, E. y Berjillos, P. (1994). El concepto de Tiempo Geológico: orientaciones para su tratamiento en la Educación Secundaria. *Enseñ. Ciencias de la Tierra*, 2 (1), 240-251.
- Pelayo, F. (1991). *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*. Historia de la Ciencia AKAL, nº 40, 55 páginas.
- Playfair, J. (1802). *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. William Creech edit., Edimburgo.
- Rudwick, M.J..S. (1986). *El significado de los fósiles. Episodios de la historia de la Paleontología*. Hermann Blume, Madrid, 347 pág. (traducción del original de 1972).
- Saltiel, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. *Enseñanzas de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- Sequeiros, L., Pedrinaci, E., Berjillos, P. (1996). Cómo enseñar y aprender significados del tiempo geológico: algunos ejemplos. *Enseñ.Ciencias de la Tierra, AEPECT*, 4,2, 113-119.
- Yus, R. y Sequeiros, L. (1995). Los cambios en los sistemas biológicos. En Hierrezuelo,J. coord. *Educación Secundaria. Ciencias de la Naturaleza*. Edit. Edelvives, Zaragoza, tomo 4, 331-565. ■