

LA TEORIA DEL CLIMA Y SU FUNCION DENTRO DEL SISTEMA UNIFORMITARISTA DE CHARLES LYELL

ENCARNA CABEZAS
Universidad de la Valencia

RESUMEN

Durante el siglo XIX, la teoría del clima disfrutó de un papel primordial en la investigación geológica general y, especialmente, en el sistema geológico de Charles Lyell. Este artículo pretende contestar a las siguientes preguntas:

a) La sustentación del principio de uniformidad respecto a la historia de la vida animal y vegetal en la Tierra fue responsable de ciertos contratiempos en el sistema de Lyell. Por esta razón es importante esclarecer cómo se conectó este principio de uniformidad con la visión cíclica del cambio climático, mantenida tradicionalmente por Él.

b) Dado que, más tarde, Lyell abandonó la citada teoría del clima y abrazó la noción del cambio climático direccional, entonces conviene dilucidar de qué manera esta nueva teoría del clima se vincula con el Actualismo metodológico y contribuye, en consecuencia, a la construcción de una moderna y observacional Ciencia de la Geología.

ABSTRACT

In the 19th century, the theory of climate played a very important role in the geologic research and, especially, in the geologic system of Charles Lyell. This paper aims to answer some questions such as:

a) The substantiation of the principle of uniformity and its relationship to the history of the animal and vegetal life on Earth, was responsible for some drawbacks in Lyell's system and how did such principle influence on the cyclical notion of climatic change?

b) Since somehow later, Lyell abandoned this climate theory and assumed the directional notion of the climate, how did this new theory connect with the Methodologic uniformitarianism? How did the climate theory contribute to build a modern and empirical Geological Science?

El presente análisis acerca de la teoría del clima va a indagar en dos interesantes asuntos: el primero de ellos hace referencia a la idea que Lyell tenía de la Historia de la Tierra; el segundo tiene que ver con el modo que la teoría del clima se relaciona con el principio de uniformidad, tanto en su vertiente metodológica como en la sustantiva y, finalmente, con la evidencia geológica y paleontológica.

The purpose of this paper is to help in understanding two important points: first, regards the Lyell's idea about the History of Earth; second, how the theory of climate is related to the principle of uniformity [in both its methodologic and substantive acceptations] and, hence, to geologic and paleontologic evidence.

Palabras clave: Geología, Biología, Filosofía de la Ciencia, Gran Bretaña, Siglo XIX, Uniformidad, Teoría del clima, Cambio cíclico, Cambio direccional, Causas verdaderas.

Introducción

La teoría del clima ocupa un lugar relevante en los *Principles of Geology* (1830-1833), la principal obra de Charles Lyell y por la que fue premiado en 1834 con la *Royal Medal*. En las primeras nueve ediciones del citado trabajo, publicadas entre 1830 y 1853, la teoría del clima se presentó en los capítulos VI, VII y VIII de los dos volúmenes de que consta esta obra. Dichos capítulos fueron centrales, pues ponían de manifiesto el esfuerzo consciente de su autor por constituir una "genuina Geología" y trazar, en consecuencia, el final de la *Era Heroica de la Geología* [ZITELL y HALL, en ALBERTO, 1988]. A lo largo del presente artículo van a ser presentadas las dos distintas visiones del clima que Lyell mantuvo en su trayectoria intelectual: la versión cíclica y direccional del cambio climático.

La visión cíclica del cambio climático

Lyell adjudicó a la teoría del clima un peso específico dentro de su sistema uniformitarista en el mismo instante en el que le asignó el papel de principal *aliada* de su oposición al progreso orgánico. En efecto, la aplicación del principio de uniformidad, en su vertiente sustantiva [GOULD, 1967], condujo a Lyell a mantener una postura anti-progresiva frente al cambio orgánico, lo cual lo convertiría en el centro de múltiples objeciones, incluso por parte de aquellos que habían reconocido la fertilidad del uniformismo en materia geológica [HUBBERT, 1967]. Esto es lo que se conoce como concepción

fundamentalista del uniformitarismo, en virtud de la cual el mundo cambia pero, en verdad, no existe una dirección de cambio, una evolución, un progreso hacia la especie humana [SEQUEIROS, 1997]. Esta es la razón por la que Lyell echó mano de todos aquellos *peones* que, como la teoría del clima, y especialmente en su versión cíclica, le brindaban la posibilidad de seguir defendiendo la no-progresión orgánica. Hipótesis a la que se mantuvo firme hasta el famoso discurso de aniversario como Presidente de la Sociedad Geológica de Londres en 1871 [SEQUEIROS, 1977; SEQUEIROS *et al.*, 1977b]. A partir de entonces, pues, empezó a aceptar la posibilidad de algún tipo de transformación en las especies, al modo darwiniano [BENTON, 1982].

En concordancia con lo expuesto, Lyell poseía una visión metafórica de una Tierra sin dirección ni tiempo [GOULD, 1977], ya que, según él

"La Tierra se halla en equilibrio o, dicho de otra manera, en un estado dinámico uniforme. Por tanto, podemos basarnos en su orden actual, no sólo en sus leyes y en las proporciones de sus cambios, para inferir su pasado" [LYELL, en GOULD, 1992].

Este uniformismo riguroso y original era *a-histórico* y, en consecuencia, excluía toda noción de evolución y progresión porque, de lo contrario, si se admitía algún desarrollo en una cierta dirección, entonces se rechazaría su postulado fundamental [HOOYKAAS, 1970]. Según estos presupuestos, la historia de la vida animal y vegetal en la Tierra se entendería como una serie de ciclos: si el clima reinante en una etapa geológica anterior retorna, entonces los animales que habían estado perfectamente adaptados al clima antiguo volverán a habitar la Tierra [OSPOVAT, 1981].

Esta idea estaba apoyada en el tiempo newtoniano de James Hutton, quien dijo:

"El resultado, por lo tanto, de nuestra investigación es que no encontramos huellas de un principio, ni perspectiva de un final" [HUTTON, en HALLAM, 1985].

Hutton interpretó a la Tierra como un cuerpo con propósito que funcionaba de acuerdo con unas leyes puestas por Dios (como el famoso reloj mecanicista de los newtonianos). Entre estas leyes destacaba el carácter cíclico de todos los fenómenos naturales, presentado como un principio *a priori* [SEQUEIROS, *et al.*, 1997a]. En efecto, para el antecesor de Lyell, el tiempo era como un círculo sin principio ni fin. De igual manera que los planetas giran en sus órbitas indefinidamente y sus leyes se ejecutan en un ciclo que no exige necesariamente un inicio ni un final [GOULD, 1992], cada ciclo geológico borra las huellas del ciclo anterior [PEDRINACI y BERJILLOS, 1994]. Esta revolucionaria conclusión significó una avanzadilla de lo que más

tarde se conoció como *Tiempo profundo* —término acuñado por John McPhere—; o lo que Lyell llamó *Majestuoso ciclo del tiempo* o, finalmente, lo que hoy en día se denomina *Inmensidad del tiempo geológico* y que manifiesta lo descomunally viejo que es nuestro planeta [GOULD, 1992].

Pero centrémonos en el siguiente punto de reflexión. La importancia estratégica de la teoría del clima estriba, precisamente, en la conexión que puede llegar a establecerse entre los cambios que se producen en el mundo orgánico y el inorgánico. Por este motivo, Lyell la consideró como *clave adecuada* para una teoría metodológicamente apropiada de la Tierra [LAUDAN, 1982]. La estimación que hizo Lyell en torno a las condiciones ambientales, de las que el clima era la más importante, evidenciaba que ellas habían determinado qué plantas y qué animales existieron en un preciso tiempo y lugar; el curso del cambio orgánico dependía directamente del curso del cambio climático. Como la mayoría de los geólogos británicos de su tiempo, Lyell estuvo convencido de que cada organismo se encontraba perfectamente acoplado a la situación que ocupaba en relación a la *Economía de la Naturaleza*. Los mundos orgánico e inorgánico se consideraban como dos partes de un plan divino y armonioso, (y en el sentido en que Lyell lo entendió), la adaptación perfecta implicaba determinismo ambiental. Por tanto, no solamente cada forma de vida estaría adaptada a las condiciones externas, sino que resultaría ser la forma mejor adaptada de todas las posibles bajo la cual se había destinado a vivir [OSPOVAT, 1977].

Así pues, de la noción lyelliana de un mundo en equilibrio dinámico [*steady-state*; GOULD, 1977], deducida del mundo-máquina de James Hutton y para la cual era imposible trazar la Historia de la Tierra a partir de un principio [RUDWICK, 1967], podían inferirse dos importantes consecuencias. En primer lugar, se hacía sostenible la hipótesis según la cual no había habido cambios en la complejidad de la vida en el transcurso del tiempo y que todos los diseños orgánicos habían estado presentes desde el primer momento [GOULD, 1983]. Tal postura condujo a Lyell a rechazar la teoría lamarckiana de la Transmutación —esbozada por Lamarck en la lección inaugural que ofreció en 1800 en el *Muséum* y ampliamente desarrollada en su *Filosofía Zoológica* (1809)—, como a disentir, una vez más, respecto de los catastrofistas. Estos fueron direccionalistas y partidarios del progreso inherente a la Historia de la Tierra y de la vida [RUDWICK, 1970]; el cual se traducía en climas cada vez más fríos y formas de vida cada vez más complejas [RUDWICK, 1987]. Una conclusión que no fue establecida *a priori*, puesto que los importantes *datos de progreso* que ofrecía la historia de los vertebrados otorgaron a los catastrofistas la posibilidad de concluir que en épocas geológicas sucesivas habían habido existencias adecuadas a ellas [OSPOVAT, 1981]. En segundo lugar, si era cierto que el curso del cambio orgánico

dependía del curso del cambio climático, entonces la postura cíclica y anti-progresiva de Lyell acerca del cambio orgánico se convertía en el sustento (sin olvidar los parámetros desde los que se planteaban) de una visión cíclica del cambio climático; la cual, a su vez, y como si de un circuito de retroalimentación se tratase, pasaba a ser el más firme y sólido pilar de aquella.

Lyell señaló que el principal oponente de tal interpretación cíclica del clima iba a ser

"aquella *antigua creencia* que hacía referencia a la idea de que en tiempos antiguos predominaron climas más cálidos que aquellos que hoy en día se observan en las mismas latitudes" [La cursiva es mía] [LYELL, 1830-1833].

El origen de esta idea, o *teoría del calor central*, parece encontrarse en Gottfried Wilhelm Leibniz, quien enunció en *Protogea* (1680) que la Tierra en sus principios había sido una masa caliente con tendencia al enfriamiento. La corteza, al pasar del estado de fusión al de solidez, adquirió una estructura cavernosa y, gracias a los desgarros que se formaron en numerosos sitios, el agua se precipitó en las cavidades subterráneas dando lugar al descenso del nivel del océano primitivo [LYELL, 1830-1833].

Tanto la Paleontología como la Geología apoyaron esta tesis. Georges Buffon sugirió que el tamaño gigantesco de ciertos fósiles encontrados en el *Estrato Secundario* ponía de manifiesto que una temperatura tropical había prevaecido en aquella época. Además, los huesos de elefantes descubiertos en Norteamérica, el norte de Europa y Siberia indicaban que, incluso en una época relativamente tardía en la Historia de la Tierra, mamíferos tropicales habían aparecido en zonas tan al norte como las actualmente Sub-árticas. El tema quedó allí hasta que Georges Cuvier empezó su estudio de fósiles de mamíferos e infirió que el Mamut Siberiano había sido una especie distinta de las dos especies vivas de elefantes: el indio y el africano. Como consecuencia de ello, Cuvier argumentó que si los elefantes del pasado vivieron en latitudes más altas, entonces, casi con toda probabilidad, el clima en aquellas latitudes y en aquel tiempo había sido tropical. El trabajo de Cuvier vino a demostrar que el dato paleontológico podía ser una guía válida para la reconstrucción de climas pasados o de cualquier otra propiedad pretérita de la superficie de la Tierra. Así pues, el registro fósil puso de manifiesto, a principios del siglo XIX, que la Tierra había ido paulatinamente enfriándose, de tal modo que fueron afianzándose los argumentos de Joseph Fourier y Louis Cordier [LAUDAN, 1982]. Sin embargo, y a pesar del apoyo general a esta hipótesis, Lyell siguió pensando que

"respecto al enfriamiento secular del interior del globo y de su contracción, la ciencia no posee ninguna prueba positiva [...]" [LYELL, 1830-1833].

Lyell, en consecuencia, no se mostró satisfecho con la teoría que aducía que la Tierra en sus orígenes había sido caliente y que, paulatinamente, se había ido enfriando. Más bien, por el contrario, manifestó su interés por evitar, siempre que pudiese, este tipo de especulación hipotética; la cual era contraria a sus convicciones huttonianas sobre la habitabilidad continua de la Tierra [LAUDAN, 1982]. Ante tal problemática, y contrariamente a lo que pudiera pensarse, Lyell estuvo respaldado por científicos como Pierre Simon Laplace, quien demostró con la ayuda de las observaciones hechas en tiempo de Hiparco que en el curso de dos mil años la Tierra no había sufrido ninguna contracción sensible por el efecto de su enfriamiento. Si hubiese acontecido la más mínima disminución en el volumen del globo, argumentó Laplace, entonces el día habría menguado. Sin embargo, se sabe con certeza que durante este período su duración no ha disminuido de 1/300 segundos [LYELL, 1830-1833]. Es decir, una contracción en la circunferencia de la Tierra habría causado una reducción de la duración del día, pero no existía evidencia en el registro de que esto hubiese sucedido [LAUDAN, 1982]. En consecuencia, la cuestión de la fluidez original del planeta resultaba tener escaso interés para el geólogo [LYELL, 1830-1833].

Ahora bien, Lyell no se conformó con apuntar la falta de base de esta suposición, sino que, además, se encontró ante la necesidad de demostrar *empíricamente* que la temperatura de la Tierra no había sido más elevada antaño. Él dijo:

"Las observaciones más rigurosas muestran que en tiempos pasados el clima de las regiones extra-tropicales no siempre había sido más caliente que el actual. Al contrario, había acontecido, geológicamente hablando, un período durante el cual la temperatura de esas regiones había sido mucho más baja que en nuestros días" [LYELL, 1830-1833].

Después de recurrir a la casuística, Lyell concluyó que un clima propio de las latitudes polares predominó en otro tiempo en gran parte de Europa, concretamente hacia el fin de la época Terciaria y durante la primera parte del período Post-Terciario. Así pues, no mediante suposición hipotética sino mediante evidencias empíricas como, por ejemplo, la existencia de bloques erráticos, de superficies estriadas de las rocas y de depósitos con especies árticas de conchas marinas en las regiones templadas, Lyell pudo inferir que antiguamente había acaecido una época glacial con fuertes oscilaciones de temperatura. Por este motivo, hacia 1831, Lyell propuso una explicación geológica al por qué se pasó de un clima más caliente a uno más frío [OSPOVAT, 1977].

Conviene saber que en *Transactions of the Geological Society of London* (1826), Lyell había anunciado que un acentuado cambio climático tal vez había

sido el responsable del carácter tropical de la fauna y flora de depósitos antiguos. Esta conclusión podía extraerse, en su opinión, de la atenta observación de los estratos más bajos a los más recientes, además de poderse trazar una escala gradual y progresiva desde las formas más simples de organización. Pero, más tarde, y tras la lectura en 1827 de la obra de Jean Baptiste Lamarck, declaró su intención de combatir el progresionismo. Esta postura le condujo a defender la hipótesis del equilibrio dinámico en relación al mundo orgánico y a hacerse la siguiente pregunta: si negamos el progreso orgánico, ¿podemos seguir sosteniendo el evidente cambio climático en el hemisferio Norte desde el Carbonífero hasta el presente? [OSPOVAT, 1977]. Durante el invierno de 1829 a 1830, Lyell concluyó, más por convicción que por analogía, que en el hemisferio Norte había tenido lugar un enfriamiento progresivo, el cual parecía deberse, más bien, a cambios pequeños en la disposición de la tierra y el mar, esto es, a variaciones en la configuración de la superficie de la Tierra, que al enfriamiento de la misma [OSPOVAT, 1977; LAUDAN, 1982]. Así, declaró Lyell:

"[...] conocemos que los grandes cambios en la configuración externa de la corteza de la Tierra han tenido lugar en varias ocasiones y que deben haber producido algún tipo de efecto sobre el clima" [LYELL, en LAUDAN, 1982].

La nueva teoría del clima

Alrededor de 1830, Lyell extrajo la *nueva teoría del clima*, la cual podía aplicarse tanto a cambios locales como a cambios globales. Recordemos que Lyell desestimó el registro fósil como instrumento apropiado para desvelar el pasado del clima de la Tierra. Fue esta circunstancia, unida a su espíritu actualista, lo que le llevó a edificar su nueva teoría climática sobre el fundamento metodológico de *vera causa*, un principio de origen newtoniano que se había convertido en el sostén epistemológico de la teoría uniformitarista. Conocido como *Actualismo metodológico*, y en este caso en particular, el citado principio haría referencia a los cambios en la distribución de la tierra y el mar. Así escribió que

"[...] puesto que no podemos observar los cambios climáticos a través del tiempo, hemos de contentarnos con hacerlo a través del espacio" [LYELL, en LAUDAN, 1982].

Pruebas muy recientes han subrayado que espasmos de levantamiento geológico, sobre todo en Asia meridional y el occidente Norteamericano, formaron mesetas grandes y elevadas en diferentes regiones. Pero, además, estos espectaculares cambios de elevación produjeron importantes efectos físicos y químicos en la atmósfera que redundaron en la configuración de las

tendencias climáticas modernas. Luego, parece ser que la conclusión de Lyell no estaba lejos de ser verdad. Algunos investigadores han especulado sobre la posibilidad de que la apertura o cierre de los istmos creara *puertas* críticas para alterar la circulación oceánica y, con ello, el clima. En este sentido, el paso oriental del Mediterráneo se cerró hace veinte y tres millones de años y el istmo de Panamá lo hizo poco antes de la era glacial, iniciada hace tres millones de años; de lo que se deduce que tales cambios topográficos bruscos desencadenaron los conocidos cambios climáticos [RUDDIMAN, *et al.*, 1991].

Tal como nos ha hecho saber K.M. Lyell en *Lyfe, Letters and Journals of Sir Charles Lyell* (1881) [SEQUEIROS, *et al.*, 1997a], Lyell escribió a su amigo Gideon Algonon Mantell para notificarle su nueva teoría climática. Más tarde, en el cap. I de sus *Principles*, Lyell intentó convencer a sus lectores de que el cambio climático era direccional y no, precisamente, cíclico. En este punto, Lyell empleó la conclusión de los geógrafos en torno al hecho de que la distribución de la tierra y mar podía llegar a ser un poderoso determinante de los climas contemporáneos, además de ser catalogada como *causa adecuada* para explicar los anteriores cambios climáticos. En efecto, las variaciones en las posiciones relativas de tierra y mar se presentaban como causas explicativas de la variación del clima geográfico presente, pero también podían convertirse en una causa verdadera potencial para explicar los cambios climáticos pasados. El registro geológico mostraba que las posiciones relativas de mar y tierra habían cambiado en el pasado y, de este modo, Lyell empezó a especular acerca de las vicisitudes del clima, las cuales parecían remitir a las infinitas e interminables variaciones que había sufrido la geografía de nuestro planeta [LAUDAN, 1982].

Lyell presintió que su teoría del cambio climático, basada en esta *vera causa*, era intrínsecamente superior a cualquier grupo de conjeturas vagas. Argumentó que las áreas relativas de tierra seca y océano permanecen prácticamente constantes, pero los terremotos, volcanes y otras causas conllevan *pequeñas y continuas variaciones* en las posiciones relativas de tierra y mar. Lyell explicó de qué manera cambios pequeños en la posición de tierra y mar podían producir cambios climáticos locales. Por consiguiente, concluyó que

"[...] a menos que las desigualdades superficiales de la Tierra sean fijas y permanentes, siempre habrán fluctuaciones en la temperatura de cada zona" [LYELL, en OSPOVAT, 1977].

El cambio climático general que se produce por variación geográfica obedece a hechos diversos como: la acumulación de una gran superficie de tierras altas que se agrupa en las regiones polares; o la existencia de más mar

cerca o entre los trópicos. Lyell basó estas conclusiones en la observación que hizo Alexander von Humboldt sobre las isotermas, las cuales no son paralelas con las líneas de latitud del globo. A partir de tales estudios, Lyell ultimó que en las latitudes del Norte grandes masas continentales se vuelven más frías en invierno que las islas, cuyo clima es moderado por la presencia del océano. En verano, tales tendencias son al contrario. Esta tesis armonizaba plenamente con los presupuestos metodológicos del sistema uniformitarista, puesto que ofrecía una *causa* adecuada para explicar la variación del clima geográfico presente que devenía una *vera causa* potencial para explicar los cambios climáticos pasados. Lyell tomó como punto de partida la observación de los estratos que se distribuían por toda Europa y llegó a la conclusión de que en un reciente pasado geológico grandes porciones del continente habían estado bajo el agua. Por tanto, al igual que los continentes o los océanos cambian gradual y constantemente de lugar, así la distribución de los climas del mundo también cambia en consonancia [LAUDAN, 1982]. En otras palabras, la teoría del clima sugería que las fluctuaciones de temperatura de la Tierra acontecían en función de la distribución geográfica constantemente cambiante [RUSE, 1976]. Ahora bien, Lyell no era el único que sostenía este punto de vista. El eminente físico y astrónomo John F. W Herschel declaró:

"Aquí al menos tenemos una causa sobre la cual el filósofo puede aceptar razonar. Espero que este ejemplo sea seguido por otras ciencias y que se intente ver qué se puede hacer con las causas existentes, en lugar de dar vía a la debilidad del dogmatismo a priori" [HERSCHEL, en LAUDAN, 1982].

Pero Lyell intentó analizar otras causas posibles del cambio climático. Por eso anunció que junto con las condiciones geográficas, tanto la precesión de equinoccios como la revolución de los ápsides y variaciones de la excentricidad de la órbita terrestre pudieron contribuir a las fluctuaciones de la temperatura que antaño habían tenido lugar en las regiones habitables del globo. Ahora bien, todo parecía apuntar a que la influencia actual de la excentricidad de la órbita sobre el clima estaba casi subordinada a la posición de la tierra firme. Bajo condiciones geográficas ordinarias una excentricidad máxima tendería solamente a producir un clima diferente, pero no más frío [LYELL, 1830-1833]. Respecto a la posible influencia de la variación de la oblicuidad de la eclíptica, Lyell dijo que podía manifestarse de dos modos diferentes. Todas las veces que el grado de oblicuidad más extrema viene a coincidir con la máxima excentricidad y con circunstancias geológicas de carácter anormal —como aquellas que prevalecen hoy en las altas latitudes— se producirá una fuerte intensidad de frío (de tal índole) que podría favorecer el advenimiento de un período glacial; de otro lado, cuando la oblicuidad se encuentre al mínimo, el frío menguará [LYELL, 1830-1833].

En definitiva, tanto la variación de la oblicuidad de la eclíptica como la excentricidad de la órbita tenían, para Lyell, un carácter *secundario* y *cooperacionista* respecto de la variación geográfica. Las alteraciones geográficas eran, pues, las *causas auténticas* del cambio climático. Pero, en relación a este punto, tanto Herschel como James Croll disintieron de Lyell.

Hacia 1832, Herschel se dedicó a investigar si entre los fenómenos astronómicos se encontraba alguna causa capaz de explicar, de manera plausible, la diferencia que existe entre la temperatura actual y los climas pasados [LYELL, 1830-1833]. Continuó en esta línea argumentativa hasta llegar a exponer su propia *vera causa* del cambio climático, o sea

"[...] el hecho astronómico de la lenta disminución de la excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, afectando la temperatura media de todo el globo" [HERSCHEL, en LAUDAN, 1982].

Haciendo alusión a las ideas teóricas de Charles Reyneau, y en manifiesta oposición a Lyell, Herschel señaló que las variaciones de excentricidad dan lugar a cambios notables en el carácter de las estaciones de los dos hemisferios [LYELL, 1830-1833].

James Croll, por su parte, expresó su desacuerdo con Lyell en lo referente a la posible influencia de la oblicuidad de la eclíptica sobre el clima. Lyell había dicho que una disminución de cuatro grados en la oblicuidad de la eclíptica en relación con la inclinación presente debía ser de interés geológico. ¿Por qué razón? El motivo parecía encontrarse en que era la causa de que la luz del sol se diseminase en una zona más amplia, dentro de los círculos árticos y antárticos. Croll opinó que los efectos serían opuestos a los que Lyell había señalado. Cuanto más disminuye la oblicuidad, menos se dispersan los rayos del sol sobre las regiones indicadas. Por el contrario, un aumento en la oblicuidad produce una mayor diseminación del calor hacia las latitudes polares [TASCH, 1986]. Por consiguiente, la acción regular de una causa astronómica podía producir, desde el punto de vista de Croll, un efecto no uniforme, esto es, un cambio climático variable. Este era un punto interesante, ya que con anterioridad Cuvier había especulado que ninguna causa lenta ni regular podía dar lugar a un efecto repentino y catastrófico [LAUDAN, 1982].

Pero Lyell era de la opinión de que

"[...] es mediante la repetición de un número indefinido de revoluciones locales ocasionadas por causas volcánicas y otras, que un cambio de clima general finalmente llega" [LYELL, en OSPOVAT, 1977; LYELL, en LAUDAN, 1982].

Es decir, la idea de que es posible obtener un resultado grandioso gracias a la suma de insensibles e incontables cambios concatenados durante un largo

período de tiempo [GOULD, 1992], o *doctrina del cambio imperceptible* [GOULD, 1986], no está en ningún sitio mejor ilustrada que en su teoría del cambio climático.

Conclusión

Se ha puesto de manifiesto que la elección de un sistema cíclico llevó a Lyell a empujar el principio de uniformidad más allá del actualismo extremo. Las causas geológicas habían mantenido su nivel constante de energía y, además, podían convertir las condiciones del globo en un momento dado en cualquier otra anterior. El cambio era reversible y cíclico. El problema del clima hizo que Lyell diese todavía un paso más y llegase a afirmar que las causas actuales no solamente pueden, sino que, de hecho, devolverán al globo su condición anterior. Es decir, Lyell intentó demostrar que la teoría del clima descansaba sobre causas verdaderas (*true causes*) y que podía reconciliarse con el orden existente en la Naturaleza, aunque no siempre había creído que esto pudiera demostrarse.

Lyell tuvo claro que su sistema cíclico no era como el de los cosmogonistas orientales, a los que ridiculizó en los primeros capítulos de los *Principles*. Arguyó que las condiciones ambientales que determinan la existencia de las especies vivientes son demasiado complejas para volver a darse de manera exacta, pero pueden repetirse y aparecer los mismos géneros en épocas distintas. Así, por ejemplo, especuló que solamente el género iguanodonte regresaría, pero no las especies particulares de iguanodonte. Por tanto, la *teoría de un ciclo de clima y un ciclo de vida* realmente cumplía las necesidades de Lyell. En primer lugar, le permitió afianzar la idea de que el cambio del clima —desde el período Carbonífero— no había sido más direccional que el cambio estacional de verano a invierno, en un año de calendario, puesto que se trataba de un único segmento de un gran ciclo geológico. En segundo lugar, esta tesis se convirtió en la base adecuada para una historia de la vida en una Tierra no-progresiva; el curso del cambio orgánico sólo era *aparentemente* progresivo, puesto que el iguanodonte, el ictiosaurio, el pterodáctilo regresarían cuando el ciclo volviese a darse. No hay un progreso biológico real, sino únicamente cambios debidos al clima. Esta teoría de un ciclo de clima y vida resultaba ser inverificable, ya que no podía ser probada contra cualquier tipo de evidencia empírica y, además, los descubrimientos paleontológicos a favor del progreso biológico no alteraron las tesis anti-progresivas de Lyell, puesto que el conocido registro geológico representaba sólo una parte de un ciclo completo de cambio.

No obstante, a pesar de lo ventajosa que podía ser la defensa de la teoría de ciclos, Lyell no encontró apoyo alguno entre sus colegas. La reacción general fue de extrema cautela y, en concreto, la Real Sociedad de Londres para el Fomento del conocimiento humano (*Royal Society*), fundada en 1662 por Carlos II, no reconoció esta teoría hasta el año 1858, tal vez por considerarla una cuestión controvertida.

Agradecimientos

Quisiera mostrar, una vez más, mi gratitud al Dr. José Sanmartín y Dr. Miquel de Renzi por haber dirigido mi tesis doctoral. En particular al primero por haberme introducido en esta temática, y especialmente al segundo por su plena y permanente dedicación a que la tesis doctoral llegase a buen puerto. También quisiera dar las gracias al Dr. Leandro Sequeiros por su continuada aportación hasta el presente en lo que se refiere a la Historia de la Geología y, finalmente, al Dr. Guillermo Meléndez por haber revisado el *Abstract* del presente artículo.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTO, E. (1988) "The imaginary Lyellian Revolution". *Earth Sciences History*, 7(2), 126-133.
- BENTON, M.J. (1982) "Progressionism in the 1850's: Lyell, Owen, Mantell and the Elgin fossil reptile *Leptopleuron-Telerpeton*". *Archives of Natural History*, 11(1), 123-136.
- GOULD, S.J. (1967) "Is Uniformitarianism Useful?". En: P. Cloud (ed.), *Adventures in Earth History*. San Francisco, W. H. Freeman and Co., 51-53.
- GOULD, S.J. (1977) "Eternal Metaphors of Palaentology". En: A. Hallam (ed.), *Patterns of Evolution as Illustrated by the fossil record*. New York, Elsevier Sci. Publ. Co., 1-25.
- GOULD, S.J. (1983) *Desde Darwin*. Madrid, Hermann Blume.
- GOULD, S.J. (1986) *El pulgar del panda*. Barcelona, Orbis.
- GOULD, S.J. (1992) *La flecha del tiempo*. Madrid, Alianza Universidad [Traducción de la edición original en inglés, 1987].
- HALLAM, A. (1985) *Grandes Controversias Geológicas*. Barcelona, Labor [Traducción de la edición original en inglés, 1983].
- HOOPYKAAS, R. (1970) *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*. París, Editions Du Seuil.
- HUBBERT, M.K. (1967) "Critique of Principle of Uniformity". En: P. Cloud (ed.), *Adventures in Earth History*. San Francisco, W.H. Freeman and Co., 33-50.
- LAUDAN, R. (1982) "The Role of methodology in Lyellís Science". *Studies in History and Philosophy of Science*, 13(3), 215-249.

LYELL, C. (1830-33) *Principles of Geology, first edition, 1990-1991*. University of Chicago Press [Edición manejada: París, Garnier Frères, Libraires-Editeurs, 1873. Traducción de la undécima edición inglesa de 1872].

OSPOVAT, D. (1977) "Lyell's Theory of Climate". *Journal of History of Biology*, 10(2), 317-339.

OSPOVAT, D. (1981) *The development of Darwin's Theory*. Cambridge, Cambridge University Press.

PEDRINACI, E. & BERJILLOS, P. (1994) "El concepto de Tiempo Geológico: orientaciones para su tratamiento en la Educación Secundaria". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(1), 240-251.

RUDDIMAN, W.E. & KUTZBACH, J.E. (1991) "Alzamiento de mesetas y cambio climático". *Investigación y Ciencia*, 176, 42-50.

RUDWICK, M.J.S. (1967) "A critique of Uniformitarian Geology: A Letter from W.D. Conybeare to Charles Lyell, 1841". *Proceedings of the American Philosophical Society*, 111(5), 272-287.

RUDWICK, M.J.S. (1970) "The Strategy of Lyell's *Principles of Geology*". *Isis*, 61(206), 5-33.

RUDWICK, M.J.S. (1987) *El significado de los fósiles*. Madrid, Hermann Blume [Traducción de la edición original en inglés, 1972].

RUSE, M. (1976) "Charles Lyell and the Philosophers of Science". *The British Journal for the History of Science*, 9, 121-131.

SEQUEIROS, L. (1997) "Charles Lyell [1797-1875] y el conflicto entre la nueva geología y la religión". *Proyección*, 44, 127-138.

SEQUEIROS, L.; PEDRINACI, E.; ALVAREZ SUAREZ, R.M. & VALDIVIA, J. (1997a) "James Hutton y su Teoría de la Tierra [1795]: Consideraciones didácticas para Educación Secundaria". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 11-20.

SEQUEIROS, L.; PEDRINACI, E.; BERJILLOS, P., & GARCIA, E. (1997b) "El Bicentenario de Charles Lyell [1797-1875]. Consideraciones didácticas para Educación Secundaria". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 21-31.

TASCH, P. (1986) "James Croll and Charles Lyell". *Earth Sciences History*, 5(2), 131-132.