

EL PRINCIPIO DE UNIFORMIDAD (II).
UN OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO ENTRE EL PASADO Y EL PRESENTE.
The principle of uniformity (II). An epistemological obstacle between the past and the present.

Cándido Manuel García Cruz (*)

RESUMEN

Sin negar totalmente la validez del actualismo-uniformitarismo, los errores de interpretación y el uso indiscriminado durante más de 150 años lo han convertido en un importante obstáculo epistemológico. A través del contenido conceptual de diversos textos, se analizan los distintos significados y la valoración epistemológica que se le ha dado al pensamiento lyelliano.

ABSTRACT

Without denying wholly the validity of the actualism-uniformitarianism, this has been converted into a major epistemological obstacle because of both the misunderstandings and its indiscriminate use for rather than 150 years. Through the conceptual contents of several books, the several meanings and the epistemological valuation of the lyellian thought are analysed.

Palabras-clave: *actualismo-uniformitarismo, historia de la geología, epistemología, educación secundaria.*
Keywords: *actualism-uniformitarianism, history of geology, epistemology, secondary education.*

L'Histoire de la Géologie est comparable à certaines plate-bandes: le jardinier a beau faire, certaines mauvaises herbes que l'on croyait définitivement éliminées, à force de soins renouvelés, reviennent un beau printemps avec une obstination proprement exaspérante. Des graines ont survécu, ou des fragments de racines, toujours prêts à reprendre vigueur. Ainsi en est-il en historiographie. Certaines assertions erronées resurgissent avec une ténacité décourageante.

F. ELLENBERGER (1996, p. 65)

EL MÉTODO COMO OBSTÁCULO

Para Beurlen (1935), la introducción del método actualista en geología constituyó el mayor golpe que se le pudo dar al dogmatismo en esta ciencia. Sin embargo, como de hecho ha ocurrido en otros casos a lo largo de la historia del pensamiento científico, este método se convertiría con el tiempo en el mismo tipo de dogma al que intentaba combatir. Nos encontramos aquí, pues, con un buen ejemplo de lo que ya había sido planteado por Bachelard (1938) en el sentido de que el abuso de algunas concepciones o metodologías correctas puede, en un momento determinado, actuar como obstáculo epistemológico, dificultando así el desarrollo del conocimiento científico.

Esto es, precisamente, lo que ha venido ocurriendo con el actualismo-uniformitarismo (García Cruz, 1998a,b), especialmente a lo largo de este siglo. Desde el punto de vista didáctico, ha actuado como concepto estructurante altamente significativo, bien por haber sido erróneamente utilizado,

cuando no sobrevalorado, bien por omisión en los currículos, en los que, *como regla*, ha estado -y en general sigue estando- ausente incluso implícitamente.

Consecuentemente, nos podemos encontrar con diversas situaciones en lo que respecta a la aproximación por parte del alumnado a la realidad natural. Por un lado, lo más habitual es que se carezca de la estrategia adecuada para algunas interpretaciones dentro de las ciencias de la tierra. Esto es especialmente cierto si tenemos en cuenta que la gran mayoría de los procesos geológicos sólo podemos estudiarlos a través de sus resultados y nunca directamente. Por lo general, se manejan datos y argumentos circunstanciales puesto que llegamos siempre *demasiado tarde* al escenario de los hechos. En consecuencia, a la hora de dar una explicación coherente a los interrogantes o a los problemas planteados, lo más probable es que el alumnado parta de un conocimiento *espontáneo, intuitivo y de sentido común*. Esta clase de conocimiento posee un cierto valor intrínseco, pero no debemos olvidar

(*) Dpto de Ciencias de la Naturaleza (Biología y Geología), I.E.S. Mencey Acaymo, c/ Poeta Arístides Hernández Mora, s/n, 38500 Güümar, Tenerife. E-mail: cmgct@correo.rcanaria.es.

que también puede ser, y de hecho lo es, una fuente importante de obstáculos epistemológicos, como se ha visto a lo largo de la historia de las ciencias, y muy concretamente de la Geología (García Cruz, 1998a). Es por tanto imprescindible saber sopesar su validez en cada momento, y no aceptarlo/rechazarlo como norma, de una forma radical, bajo cualquier circunstancia.

Por otro lado, también el alumnado se puede encontrar con un principio actualista erróneamente interpretado y consecuentemente confuso. Esto, unido a la última opción, cual es la aplicación irreflexiva del actualismo-uniformitarismo, le va a conducir a una negación implícita de sus limitaciones epistemológicas, y por lo tanto a un uso indiscriminado de dicho principio. Así, irá desembocando en una serie de contradicciones conceptuales de las que difícilmente va a ser consciente.

Cualesquiera que sean las situaciones que se consideren de entre las mencionadas, y siempre dentro de una enseñanza esencialmente *formativa* más que informativa, el actualismo-uniformitarismo va a condicionar la asimilación y el aprendizaje de diversos aspectos de las ciencias de la tierra en general, así como de algunas concepciones de la biología con claras implicaciones geológicas, destacando entre éstas, dentro de la evolución biológica, la teoría de los *equilibrios puntuados*.

En esta parte del trabajo analizaremos el significado que se le ha venido dando al actualismo-uniformitarismo, evidenciando básicamente su carácter de obstáculo epistemológico debido, por un lado, a errores de interpretación, y por otro, a su uso irreflexivo e indiscriminado.

SIGNIFICADO CONCEPTUAL

Resulta como poco curioso y sorprendente que, sobre el significado conceptual del actualismo-uniformitarismo, lo que ha prevalecido en la filosofía geológica durante décadas, especialmente a lo largo de este siglo, hayan sido algunos errores de interpretación de los *Principles of Geology*, o intencionadas distorsiones del pensamiento lyelliano, que han ido retoñando periódicamente como si se tratase de una de esas “malas hierbas” de las que habla Ellenberger (1996). Como sostiene Gould (1984), quizás se haya debido a que esta obra de Lyell, a pesar de ser una de las *más citadas* entre la profesión geológica, es también una de las *menos leídas*. Y como resulta que, además, si estas interpretaciones o distorsiones son sustentadas por personalidades de gran “prestigio y autoridad”, las “nuevas verdades” se llegan a difundir rápidamente y adquieren todavía mayor validez y certidumbre que las ideas originales defendidas por sus autores.

Esto fue precisamente lo que ocurrió, por ejemplo, con los planteamientos que hizo Lyell en contra del progresismo o direccionalidad de los cambios naturales, en especial de los biológicos (Lyell,

1830, vol. I, cap. 9). Éstos fueron interpretados por Whewell (1831, 1837) como una defensa no sólo de la uniformidad de las leyes, sino también y *fundamentalmente* de la de los procesos. Qué duda cabe que la personalidad de William Whewell y su indiscutible autoridad y prestigio dentro de la corriente positivista-inductivista, explican perfectamente por qué llegó a consolidarse la nueva verdad. Para Wilson (1967), esta “ligera” deformación de las ideas lyellianas ha sido históricamente muy significativa, tanto por la confusión creada como por su persistencia en el pensamiento geológico. Esto se ve claramente reflejado en la siguiente frase de Khain (1987), siglo y medio después: “[Lyell] *absolutizó su idea afirmando que la tasa de los procesos geológicos nunca ha cambiado en el curso de la historia de la Tierra*”. Es evidente que el eminente científico ruso no había leído los *Principles of Geology*.

En un intento de superar la pervivencia de los mismos errores o planteamientos equivocados de décadas precedentes, es necesario realizar una valoración epistemológica al respecto. Para ello, analizaremos en primer lugar algunos de los diferentes significados del actualismo-uniformitarismo que para muchos autores subyacen en la obra de Lyell.

Para Rudwick (1972), dos de los significados fundamentales a destacar serían los siguientes:

a) *Uniformitarismo metodológico o principio procedimental*, que afirma la constancia espacial y temporal de las leyes naturales. Éste fue el que le permitió a Lyell enfrentarse con las intervenciones divinas que propugnaban algunos catastrofistas.

b) *Uniformitarismo sustantivo o teoría del cambio geológico*, que sostiene la uniformidad de tasa o de naturaleza del material.

De acuerdo con Gould (1965), el primero de ellos es actualmente superfluo puesto que, por sí mismo, es inherente a cualquier ciencia; y el segundo, además de falso, *obstaculizaría*, como de hecho ha venido ocurriendo, la formación de cualquier hipótesis ajena al mismo y que postule un cambio *no gradual* en la naturaleza.

Como veremos, ambos significados han sido utilizados indistintamente por diferentes autores como expresión de una filosofía geológica cuya coherencia ha sido sobrevalorada más allá incluso de su naturaleza dogmática.

VALORACIÓN EPISTEMOLÓGICA

A pesar de que el actualismo-uniformitarismo ha sido calificado de *confuso, peligroso, innecesario, falaz, superfluo, insuficiente, falso...* (Goodman, 1967; Gould, 1965, 1984, 1987; Hubbert, 1967; Krynine, 1956; Lake, 1930; Shea, 1982; Simpson, 1963;...), es en el presente siglo cuando la interpretación de las ideas lyellianas, más que las ideas en sí, han ido ocupando el lugar que fue “dejando libre” la vieja corriente catastrofista. Su *som-*

(1) Por razones de espacio, en este trabajo sólo se han seleccionado textos españoles o traducciones castellanas.

bra, implícitamente, ha subyacido en la gran mayoría de los escritos geológicos, y en muchas ocasiones se ha hecho explícita de forma clara, como se puede ver en la pervivencia de estas *verdades* en numerosos trabajos de geología.

A pesar de lo equívoco de su significado, a Bondi (1959) le parecía que, empíricamente, era lo más “fecundo” que se había hecho, siendo calificado también como “*extremadamente útil*” por Berkner y Marshall (1970), e incluso de “*verosímil*” por Strahler (1987).

No obstante, a lo largo fundamentalmente de la última mitad de este siglo, diversos autores han venido llamando la atención sobre el carácter ambigüo del pensamiento lyelliano. Es probable que esta ambigüedad, como apunta Gould (1987), la proporcionara de forma intencionada el propio Lyell al ir introduciendo hábilmente en las sucesivas ediciones de su tratado estos diferentes conceptos analizados. Sobre tal ambigüedad existen algunos casos interesantes desde el punto de vista epistemológico. Uno de los motivos, por ejemplo, de que fuera rechazada la deriva continental, fue su *incompatibilidad* con el uniformitarismo (Oreskes, 1999). Dentro de este debate, Schuchert (1928) criticaba a los geólogos europeos porque “*aún siguen a Lyell*”, en tanto que “*sólo estamos en terreno seguro con tal que sigamos la enseñanza de la ley de la uniformidad en la actuación de las leyes de la naturaleza*”. La consideración de los diferentes significados analizados deshace la aparente contradicción de este paleontólogo norteamericano. Así, mientras que, por un lado, Schuchert (igual que Khain en el ejemplo citado antes), confunde la filosofía lyelliana con la uniformidad de los *procesos*, y la rechaza, por otro lado valora positivamente la uniformidad de la *ley*, ya que garantizaba las inferencias inductivas en los tiempos pasados.

Existen numerosos ejemplos sobre el uso indiscriminado y erróneo de la metodología actualista-uniformitarista. Señalaremos aquí sólo algunos de ellos:

- Los cráteres lunares fueron interpretados como fruto de la actividad volcánica, y sólo recientemente, tras un largo debate, se han aceptado como cráteres de impacto.

- Los dinosaurios han sido clasificados como reptiles y por lo tanto como animales heterotermos, cuando existen abundantes pruebas sobre su homeotermia y su proximidad filogenética a las aves.

- Las costras acanaladas (*Scablands*) de Washington se consideraron fruto de una erosión gradual, y sólo a principios de los años 80 se reconoció su origen por medio de una gran inundación tal como había propuesto J.H. Bretz en los años 20.

- Se ha exagerado la importancia de las actividades periglaciares y eólicas desertícolas, así como la excesiva aridez, aunque los fenómenos postglaciares en realidad son anormales (sólo representan menos del 2 por cien de la historia posterior al Cámbrico).

- Por último, la acción continuada, gradual y uniforme del agua encauzada en el modelado terrestre, principalmente de valles y cuencas fluviales, tropieza con ejemplos de grandes deslizamientos catastróficos (algunos valles en Canarias y Hawaii, entre otros muchos), y encajonamientos tectónicos de los cursos de numerosos ríos en todo el planeta.

Veamos una selección de textos¹ como ejemplo de un tipo de valoración e importancia dadas al actualismo-uniformitarismo:

“*Un tiempo hubo en que los geólogos no veían en los valles otra cosa que el efecto de fracturas por las cuales se insinuaban los cursos fluviales. Los nuevos puntos de vista [uniformitaristas] consideran en la labor de disección o de incisión (erosión) de las aguas en movimiento, las fuerzas vivas que causan la ablación de las montañas y de los continentes ...suponiendo que interviene para ello una cantidad de tiempo ilimitada*” (Frech, 1920).

“*...todas las alteraciones que la Tierra ha sufrido a lo largo de su historia se deben a las mismas causas, los agentes geológicos, que operan en la actualidad. Tales agentes actúan con enorme lentitud, pero sus efectos son acumulativos y, a la larga, de impresionante eficacia*” (Branson y Tarr, 1935).

“*...por ser universalmente reconocida como falsa la teoría de los cataclismos, habría que borrar el nombre del gran Cuvier de la Historia de la Geología...[?!] El actualismo, fecundo método en Geología, supone que las mismas leyes han regido en todos los tiempos e iguales causas producen idénticos fenómenos desde los albores de la vida planetaria de la Tierra*” (San Miguel de la Cámara, 1958).

“*Los cambios que ha sufrido el planeta se realizan de conformidad con principios y procesos inmutables. ...la observación de los procesos terrestres actuales y de sus consecuencias, capacita a los geólogos para determinar la secuencia de acontecimientos del pasado y, de este modo, interpretar la historia de la tierra...*” (Emmons *et al.*, 1960).

También han habido valoraciones epistemológicas mucho más coherentes del actualismo-uniformitarismo desde diferentes puntos de vista. Esto se produce fundamentalmente cuando se realizan observaciones del medio natural mediante estrategias no tan estrictas como las impuestas por la metodología al uso.

Para algunos autores, entre los que habría que destacar a Davis (1895), no se podían limitar los procesos del pasado a los ritmos de los actuales. Barrel (1917) consideraba que este principio debería juzgarse exclusivamente en tanto que proporcionaba un punto de partida para la investigación, y Lake (1930) veía que el principal peligro del uniformitarismo residía en que la mente se podría cerrar a

las nuevas ideas. Desde la lógica inductiva, se le achacaba al uniformitarismo su pobreza en cuanto a la formulación de hipótesis (Baker, 1938). Lo más correcto, según Mitchell (1955), habría sido enmendar el principio de uniformidad para permitir variaciones en el ritmo de los procesos a lo largo del tiempo. En la siguiente selección de textos se valora al actualismo-uniformitarismo con otra perspectiva más coherente.

“El actualismo es todavía la base de todas las investigaciones geológicas. Sin embargo, sería equivocado pensar de esta teoría que únicamente tratase de explicar la evolución de la Tierra como una simple repetición de hechos geológicos actuales. El presente es clave, pero no copia del pasado. Por eso, cada generación de investigadores tiene el deber de comprobar de nuevo, basándose en la observación, la validez de este principio” (Brinkmann, 1964).

“No se quiere invocar con esta teoría [el actualismo] que no ocurrieran en el pasado hechos que no tengan lugar actualmente.... Tampoco quiere decir que los fenómenos actuales sucedan con la misma velocidad que sus equivalentes de tiempos pasados” (Roger y Adams, 1966).

“...el uniformitarismo es el principio básico de las interpretaciones geológico-históricas. Así, el actualismo geológico admite, en líneas generales, que los fenómenos geológicos han ocurrido siempre en la misma forma que acaecen actualmente, introduciendo en todos los procesos un factor temporal, al que ha de darse su justo valor... Sin embargo, el actualismo no se puede llevar al extremo, y es muy posible que en épocas pretéritas de la historia de la Tierra hayan ocurrido cosas que ya no ocurran...” (Meléndez y Fúster, 1966).

Strahler (1987), por su parte, considera que el principio de la uniformidad en el contexto de la ciencia moderna... *“...no requiere que la intensidad de cada proceso geológico se haya mantenido uniforme en el transcurso de todo el tiempo”*. Sin embargo, cuando se refiere a la liberación de energía por parte del planeta, afirma: *“No obstante, creemos que las leyes físicas de la radioactividad no han cambiado desde el tiempo geológico más antiguo, ya que pensar de otro modo violaría el principio de la uniformidad”*.

Queremos cerrar esta reflexión llamando la atención sobre tres de los textos consultados que se salen de la norma, puesto que en absoluto es habitual dedicar demasiado espacio al tema que estamos tratando.

En primer lugar, en el manual ya clásico *Introducción a la geología*, Read y Watson (1962) sostienen que *“el actualismo debe, sin duda, ser aplicado de un modo crítico y prudente”*. Con esta perspectiva, hacen explícita la metodología actua-

lista-uniformitarista a lo largo de *toda* la obra abarcando, entre otros aspectos, la sedimentación, el glaciario o la formación de arrecifes, aunque con algunas observaciones restrictivas, limitando su aplicación en algunos casos como, por ejemplo, en las rocas ígneas.

En segundo lugar, en la extraordinaria *Origen e historia de la tierra*, Anguita (1988, cap. 3) realiza una revisión sobre la metodología de las ciencias geológicas, tratando los aspectos históricos aquí analizados con unos planteamientos pedagógicos fuera de lo común.

Pero el que nos ha parecido totalmente insólito es la excelente *Historia de la Tierra*, de Stokes (1960). Y lo consideramos insólito desde una doble vertiente.

Por un lado, dedica los ¡tres! primeros capítulos a la metodología y a la naturaleza del cambio geológico. En el capítulo 3º trata expresamente el principio de uniformidad, tanto desde el punto de vista histórico como metodológico. ¡Jamás se había dedicado tanto espacio a una reflexión de estas características!

Por otro lado, su consideración del actualismo-uniformitarismo va pasando de una valoración sumamente estricta a otra mucho más abierta y flexible, lo que no deja de sorprender conforme se avanza en su lectura. En un primer momento considera la corriente catastrofista como *“una creencia tradicional de gentes incultas y supersticiosas”*. El significado esencial de la ley de la uniformidad *“producto de la observación directa de la naturaleza...”* es que la *“Tierra ha llegado a ser lo que es a través de procesos graduales y uniformes”*. Considera además que dicha ley es *“la única guía racional y segura para meditar sobre la historia de la tierra...”* Sin embargo, recuerda a continuación que *“no es la única posible”*. Más adelante, en un análisis serio sobre las causas actuales, proclama lo siguiente: *“Cuando los procesos naturales conocidos, probables y observables no bastan para dar cuenta de las circunstancias existentes, supuesto también que su acción se haya producido al ritmo y a la escala actuales, debemos examinar otras alternativas, hasta las improbables si fuese necesario”*.

Esta idea final es una de las bases sobre la que se apoya el neocatastrofismo, y será tratado en la tercera y última parte de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Albritton, C.C., Jr.(1967). *Uniformity and Simplicity. A Symposium on the Principle of the Uniformity of Nature*. Geological Society of America, Special Paper No. 86.

Anguita, F. (1988). *Origen e historia de la tierra*. Ed. Rueda, Madrid.

Bachelard, G. (1938). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI (trad. castellana 1948, 14ª ed. 1987).

- Baker, H.B. (1938). Inductive logic and Lyellian uniformitarianism. *Michigan Acad. Sci., Geol. & Miner.*, pp. 1-5.
- Barrel, J. (1917). Rhythms and the measurement of geologic time. *Geol. Soc. America, Ser. B.*, 28, 745-904.
- Berkner, L.V. y Marshall, L.C. (1970). Oxígeno y evolución. En: I.G. Gass, P.J. Smith y R.C.L. Wilson (dir.). *Introducción a las Ciencias de la Tierra*. Ed. Reverté, Barcelona (trad. castellana 1978), pp. 141-160.
- Beurlen, K. (1935). Der Aktualismus in der Geologie, eine Klarstellung. *Zgl. Miner., B.*, 12, 520-525.
- Bondi, H. (1959). Science and structure of the universe. *Manchester Lit. & Phil. Soc., Mem. & Proc.*, 101, 58-71.
- Branson, E.B. y Tarr, W.A. (1935). *Elementos de Geología*. Ed. Aguilar, Madrid (trad. castellana 1952).
- Brinkmann, R. (1964). *Compendio de geología general*. Ed. Labor, Barcelona (trad. castellana 1964).
- Davis, W.M. (1895). Bearing of physiography on uniformitarianism. *Geol. Soc. America, Ser. B.*, 77, 8-11.
- Ellenberger, F. (1996). Le présent, clef du passé. *Travaux du Comité Français d'Histoire de la Géologie*, 3^m Ser., 10(5), 65-71.
- Emmons, W.H., Allison, I.S., Stauffer, C.R. y Thiel, G.A. (1960). *Geología. Principios y procesos*. Ed. del Castillo, Madrid (trad. castellana 1963, 5^a ed).
- Feuillée, P. (1976). Le problème de l'actualisme en géologie. *Rev. Quest. Sci.*, 147(2), 195-208.
- Frech, F. (1920). *Geología*. Ed. Labor, Barcelona (trad. castellana 1926), 2 vols.
- García Cruz, C.M. (1998a). 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. (1998b). El actualismo-uniformitarismo como obstáculo epistemológico (sometido).
- Goodman, N. (1967). Uniformity and simplicity. En: Albritton (1967), pp. 93-99.
- Gould, S.J. (1965). Is uniformitarianism necessary? *Am. J. Sci.*, 263, 223-228.
- Gould, S.J. (1970). Private thoughts of Lyell on progression and evolution. *Science*, 169, 663-664.
- Gould, S.J. (1984). Towards the vindication of punctuational change. En: W.A. Berggren y J.A. van Couvering (eds.). *Catastrophes and earth history. The new uniformitarianism*. Princeton University Press, Princeton, cap. 1, p. 9-34.
- Gould, S.J. (1987). *La flecha del tiempo*. Alianza Ed., Madrid (trad. castellana 1992).
- Hubbert, M. (1967). Critique of the principle of uniformity. En: Albritton (1967), pp. 3-33.
- Khain, V. (1987). Second youth of ancient science. En: Y.M. Pushcharovsky (ed.). *Destiny of the planet. Geological ideas and phenomena*. Ed. Nauka, Moscú (trad. inglesa 1990), pp. 8-26.
- Krynine, P.D. (1956). Uniformitarianism is a dangerous doctrine. *J. Palaeontol.*, 30, 1003-1004.
- Lake, Ph. (1930). The centenary of Lyell's Principles of Geology. *Geol. Mag.*, 67, 433-436.
- Lyell, C. (1830-33). *Principles of Geology*. University of Chicago Press, Chicago (facsimil 1990 de la 1^a ed. inglesa) 3 vols.
- Meléndez, B. y Fúster, J.M. (1966). *Geología*. Ed. Paraninfo, Madrid.
- Mitchell, R.C. (1955). Changement de cadence des phénomènes géologiques. *Cahiers Géol., Seyssel*, 33, 331-334.
- Oreskes, N. (1999). *The rejection of continental drift: Theory and method in American earth science*. Oxford University Press, Oxford, cap. 7, pp. 178-219.
- Read, H.H. y Watson, J. (1962). *Introducción a la geología*. Ed. Alhambra, Madrid (trad. castellana 1970).
- Roger, J.J.W. y Adams, J.A.S. (1966). *Fundamentos de Geología*. Ed. Omega, Barcelona (trad. castellana 1969).
- Rudwick, M.J.S. (1972). *The meaning of fossils. Episodes in the history of palaeontology*. Chicago University Press, Chicago (2^a ed. 1985).
- San Miguel de la Cámara, M. (1958). *Manual de Geología*. M. Marín y Cía. Eds., Bilbao.
- Schuchert, Ch. (1928). La hipótesis del desplazamiento continental. En: W.A.J.M. van W. van der Gracht (ed.). *La teoría de la deriva continental. Simposio sobre el origen y movimiento de las masas terrestres intercontinentales e intracontinentales tal como propone Alfred Wegener (Nueva York, 1926)*. Servicio de Publicaciones de la Consejería de Educación, Gobierno de Canarias, S/C Tenerife (trad. castellana 1998), pp. 109-142.
- Shea, J.H. (1982). Twelve fallacies of uniformitarianism. *J. Geol. Ed.*, 31, 105-110.
- Simpson, G.G. (1963). La ciencia histórica. En: Albritton, C.C., Jr. (ed.). *Filosofía de la Geología*. C.E.C.S.A., México (trad. castellana 1970), pp. 39-69.
- Stokes, W.L. (1960). *Historia de la Tierra. Introducción a la Geología Histórica*. Ed. Aguilar, Madrid (trad. castellana 1969).
- Strahler, A. N. (1987). *Geología física*. Ed. Omega, Barcelona (trad. castellana 1987).
- Whewell, W. (1831). Principles of Geology, vol. I., by Charles Lyell. *British Critic.*, 17, 180-206.
- Whewell, W. (1837). *History of inductive sciences*. Frank Cass & Co., Londres (reed. 1967), vol. III, pp. 606-609.
- Wilson, L.G. (1967). The origins of Charles Lyell's uniformitarianism. En: Albritton (1967), pp. 35-62. ■