

EL PENSAMIENTO GEOLÓGICO DE IMMANUEL KANT (1724-1804) EN RELACIÓN CON EL ACTUALISMO- UNIFORMITARISMO

The Geological Thought of Immanuel Kant (1724-1804) in Bearing on Actualism-Uniformitarianism

Cándido Manuel GARCÍA CRUZ

INHIGEO (International Commission on the History of Geological Sciences)
candidomgc@gmail.com

Fecha de recepción: 14/01/2019

Fecha de aceptación definitiva: 27/06/2019

RESUMEN: Immanuel Kant (1724-1804), eminente filósofo y epistemólogo prusiano, realizó una interesante contribución al conocimiento científico del siglo XVIII a través de dos de sus obras, *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755) y *Physische Geographie* (1775/1802). En esta última desarrolla una Teoría de la Tierra característica de la época, en la que asume las ideas actualistas-uniformitaristas, con sus cambios graduales, sus ciclos de la materia, una Tierra en estado de equilibrio y un tiempo sin principio ni fin, que en cierta medida pudieron influir en la teoría de James Hutton y sobre Charles Lyell. Sin embargo, el actualismo, en sus supuestos más elementales como la inferencia hacia el pasado a partir del presente mediante las causas actuales, es en realidad inherente a la racionalidad humana, y es posible encontrarlo en las obras de numerosos autores de las décadas anteriores.

Palabras clave: Immanuel Kant (1724-1804); Teoría de la Tierra; actualismo-uniformitarismo; siglo XVIII.

ABSTRACT: Besides philosopher and epistemologist, Immanuel Kant (1724-1804) carried out an interesting contribution to 18th Century scientific knowledge through two of his works, *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*

(1755) and *Physische Geographie* (1775/1802). In the latter, he developed a Theory of the Earth characteristic of that time, wherein assumed the actualistics-uniformitarianists ideas, with gradual changes, the cycles of matter, an Earth in steady state, and a time with no beginning nor an end, that to a certain extent could have a considerable influence on the James Hutton's theory and also on Charles Lyell. The Actualism, however, in its essential assumptions such as the inference to the past from the present by means of the causes now in operation, is actually inherent in the human rationality, and it is possible to find it in the works of a number of naturalists in earlier decades.

Key words: Immanuel Kant (1724-1804); Theory of the Earth; actualism-uniformitarianism; 18th Century.

¡Oh, Señor!, ¡quién pudiera leer el libro del destino,
y ver las revoluciones de los tiempos
allanar las montañas, y el continente,
fatigado de la sólida firmeza, disolverse por sí mismo
en el mar!

WILLIAM SHAKESPEARE

Enrique IV (1598), 2.^a Parte, Acto III, Escena 1.^a

1. INTRODUCCIÓN

El *Principio de Uniformidad*, más conocido como *Actualismo-Uniformitarismo* en el campo de la Geología, sostenía *sensu stricto* que los fenómenos y procesos geológicos que habían actuado en el pasado son los mismos que operan en el presente, y de igual intensidad en cuanto a la energía implicada en ellos¹. Esto significa que todos los cambios a los que ha estado sometida la Tierra a lo largo de su historia habrían sido graduales y uniformes². Las bases de este gradualismo

1. Véase la nota 1 sobre la valoración epistemológica actual de estos conceptos.

2. Sin pretender hacer una revisión bibliográfica sobre este tema, véanse las siguientes obras imprescindibles en relación con el origen y desarrollo histórico del Principio de Uniformidad en Geología: ALBRITTON, Claude C., Jr. (ed.). *Uniformity and Simplicity. A Symposium on the Principle of the Uniformity of Nature*. Geological Society of America, Special Paper n.º 86, 1967; AUSTIN, Steven A. «Uniformitarianism. A doctrine that needs rethinking». *The Compass of Sigma Gamma Epsilon*, 1979, 56, pp. 29-45; BAKER, Victor R. «Catastrophism and uniformitarianism: logical roots and current relevance in geology». En BLUNDELL, Derek. J. y SCOTT, Andrew C. (eds.). *Lyell: The past is the key to the present*. Geological Society of London, *Special Publication*, 1998, 143, pp. 171-182; CABEZAS OLMO, Encarnación. *La Tierra, un debate interminable*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2002, caps. 2-3; CAMARDI, Giovanni. «Charles Lyell and the principle of uniformity». *Biology and Philosophy*, 1999, 14 (4), pp. 537-560; CANON, Walter F. «The uniformitarian-catastrophist debate». *Isis*, 1960, 51 (1), pp. 38-55; ELENA, Alberto. «The imaginary Lyellian revolution». *Earth Sciences History*, 1988, 7 (2), pp. 126-133; GARCÍA CRUZ, Cándido M. «El principio de uniformidad. I. Orígenes». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1998, 6 (3), pp. 234-238; GILLISPIE, Charles C. *Genesis and Geology*. Cambridge (MA):

actualista, o *Teoría de las Causas Actuales*, fueron desarrolladas sobre todo por el geólogo escocés Charles Lyell (1797-1875) en sus *Principles of Geology*³, que se publicaron en los primeros años de la década de 1830.

No obstante, esta corriente no tuvo que esperar a la aparición de la obra de Lyell para formar parte de las estrategias metodológicas habituales entre los pensadores que se dedicaban al estudio de la Tierra en los siglos precedentes. Sin ser del todo conscientes de la complejidad conceptual del Principio de Uniformidad, estos naturalistas aplicaban dentro de sus razonamientos lógicos los dos significados elementales ya señalados: la uniformidad de las leyes naturales y la uniformidad de los procesos. Gracias a esta aceptación o creencia en la constancia en el espacio y en el tiempo tanto de las leyes de la naturaleza como de los mecanismos de los procesos y fenómenos geológicos, era posible extraer por inducción y de una forma –para ellos y dentro del contexto de la época– segura, conclusiones sobre el *pasado* de la Tierra a partir del *presente* observable.

Ni siquiera fue el filósofo natural también escocés James Hutton (1726-1797) a finales del siglo XVIII, considerado el «Fundador de la Geología moderna» con su *Teoría de la Tierra*, el único (ni el primero) que marcó las directrices del pensamiento lyelliano. En los apartados que siguen veremos a un grupo representativo

Harvard University Press, 1951 (ed. 1996), cap. 5; GOULD, Stephen J. «Is uniformitarianism necessary?». *American Journal of Science*, 1965, 263, pp. 223-228; GOULD, Stephen J. *Times's arrow, time's cycle. Myth and metaphor in the discovery of geological time*. Cambridge (MA)-Londres: Harvard University Press, 1987, cap. 4, pp. 115-126; HALLAM, Anthony. *Grandes controversias geológicas*. Barcelona: Ed. Labor, 1983 (trad. castellana 1985), cap. 2; HOOYKAAS, Reijer J. *Natural law and divine miracle. The principle of uniformity in geology, biology and theology*. Leiden: E.J. Brill, 1959 (2.ª ed. 1963), pp. 1-66; HOOYKAAS, Reijer J. «Catastrophism in geology, its scientific character in relation to actualism and uniformitarianism». *Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*. Afd. Letterkunde, Nieuwe Reeks, 1971, 33 (7), pp. 271-316; KÖTTER, Rudolf. «Zur methodologischen Struktur des Aktualismusprinzips». *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 2001, 152, pp. 129-141; KRAVITZ, Gadi. «The thermodynamics time arrow and the logical function of the uniformity principle in geohistorical explanation». *Geological Society of America, Special Paper*, 2013, 502, pp. 19-40; KRAVITZ, Gadi. «The geohistorical time arrow: From Steno's stratigraphic principles to Boltzmann's past hypothesis». *Journal of Geoscience Education*, 2014, 62 (4), pp. 691-700; OKA, Yoshiki. «A historical view of uniformitarianism. Change, misconceptions, and the modern meanings». *Geographical Review of Japan*, 1995, 68 (8), pp. 527-549; RUDWICK, Martin J. S. *Bursting the limits of time: The reconstruction of geobistory in the Age of Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005, caps. 3-4; RUDWICK, Martin J. S. *Worlds before Adam: The reconstruction of geobistory in the Age of Reform*. Chicago: University of Chicago Press, 2008, cap. 7, y Part two; ŞENGÖR, A. M. Celal. *Is the present the key to the past or the past the key to the present? James Hutton and Adam Smith versus Abraham Gottlob Werner and Karl Marx in interpreting history*. Geological Society of America, Special Paper, 2001, 355, pp. 1-51; SHEA, James H. «Twelve fallacies of uniformitarianism». *Geology*, 1982, 10 (9), pp. 455-460; SIMPSON, George G. «Uniformitarianism: an inquiry into principle, theory, and method in geohistory and biohistory». En HECHT, Max K. y STEERE, William C. (eds.). *Essay in Evolution and Genetics*. Nueva York: Appleton-Century-Crofts, 1970, pp. 43-96; véase, además, la nota 19.

3. LYELL, Charles. *Principles of geology*. Chicago (IL): Chicago University Press, 1830-1833 (fac-símile 1990), 3 vols.

de pensadores y naturalistas de los siglos XVII y XVIII en el que nos vamos a encontrar muchas de estas ideas actualistas-uniformitaristas, científicos que contribuyeron de una forma relevante con sus aportaciones a la conformación del corpus doctrinal de la geología, y a su transformación durante el siglo XIX en una verdadera ciencia natural. Entre los naturalistas que se van a considerar, el menos conocido en castellano es, sin duda, Immanuel Kant (1724-1804), de quien se analizarán sus ideas geológicas que constituyen una Teoría de la Tierra entre las habituales de la época, y que pudo haber influido tanto en Hutton como en Lyell.

No todos los autores fueron contemporáneos, se relacionaron entre sí o leyeron sus obras. No obstante, parece obvio que muchos tuvieron conocimiento de los modos de pensar de otros, y de ver la naturaleza, directa o indirectamente, dentro de la tradicional circulación de ideas que se produjo a lo largo de todo el período de la Ilustración. Es posible que, en otros casos, llegaran a la misma metodología independientemente y de forma intuitiva. La escasez o el carácter incompleto en cuanto a referencias y de fuentes propios de esa época dificulta la dilucidación de esta cuestión.

No se trata aquí de encasillar a estos científicos dentro de la desacreditada *teoría de los precursores*. Alexandre Koyré (1892-1964) calificó, pensamos que con toda razón, de *nefasta* la influencia de la noción de *precursor* en el campo de la historia. Esta crítica se basaba en que, para este filósofo e historiador de la ciencia franco-ruso, interpretar a un autor en función de sus supuestos antecedentes condiciona e impide la comprensión de dicho autor. Las ideas nacerían, por un lado, en unas determinadas mentes, y alcanzarían la madurez y fructificarían, con un desarrollo independiente, en otras distintas. De esta forma, es posible rastrear los problemas que han preocupado al ser humano a lo largo del tiempo, y, sobre todo, comprender las soluciones que se han ido proponiendo. En esa historia, la importancia de una doctrina residiría más bien en su productividad, y no en sus orígenes, de acuerdo con lo fecundos que sean sus presupuestos⁴. Asimismo, y siguiendo al eminente paleontólogo y biólogo evolutivo norteamericano Stephen J. Gould (1941-2002) en su discusión sobre la utilización de la historia de la ciencia, tampoco se pretende aquí crear *héroes*⁵, y mucho menos *villanos*, o *ángeles* y *demonios* como los denominaría la doctrina maniqueísta, pero esta no forma parte de la ciencia.

Más bien el objetivo de este trabajo es subrayar la gran diversidad existente en las formas de pensar y de conocer que se produjo a lo largo de toda una época de gran riqueza intelectual como fue el Siglo de las Luces; frente a esto se encontraba, de una manera muy especial, el dogmatismo de la Física Sagrada que

4. KOYRÉ, Alexandre. «Introducción». En COPÉRNICO, Nicolás. *Las revoluciones de las esferas celestes*. Libro Primero. Buenos Aires: EUDEBA, 1543 (trad. castellana 1965 de la ed. francesa 1934), pp. 7-8; KOYRÉ, Alexandre. *La révolution astronomique: Copernic, Kepler, Borelli*. París: Hermann, 1961, pp. 9-10.

5. GOULD, Stephen J. «Hutton's purposeful view». *Natural History*, 1982, 91 (5), pp. 6-12.

condicionaba el estudio natural sobre la Tierra, puesto que, para llegar a conocer y entender su origen y evidentemente también su fin, bastaba con recurrir a la Biblia. Es en este contexto cultural en el que se va a desarrollar el presente trabajo.

2. LA TEORÍA HUTTONIANA Y LOS PRINCIPIOS LYELLIANOS

James Hutton presentó su *Teoría de la Tierra*⁶ ante la Royal Society de Edimburgo en las sesiones celebradas el 7 de marzo y el 4 de abril de 1785, aunque la había ido gestando muchos años antes. Las ideas esenciales que sustentan el actualismo-uniformitarismo en esta teoría, ligadas ineluctablemente a la inmensidad del tiempo, se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. La naturaleza es un sistema dinámico, y, por lo tanto, no se encuentra en estado quiescente; la materia está sujeta a cambios permanentes en una serie continua y repetida de perturbaciones y acontecimientos (1788: 209-210/1795: vol. I, pp. 4-5).
2. Los cambios geomorfológicos están relacionados con los ciclos de la materia y la inmensidad del tiempo en una sucesión ilimitada e interminable (p. 215/p. 14).
3. Es posible deducir una antigüedad extremadamente remota para la Tierra, pero este período de tiempo no se puede establecer con precisión (p. 217/p. 19).
4. El estudio del presente permite razonar sobre el pasado y deducir sobre el futuro. Consecuentemente, el discurrir de la Naturaleza debe continuar en una sucesión sin fin, por lo que su curso no puede estar limitado por el tiempo (p. 217/p. 19).
5. El carácter indefinido del tiempo se interpreta analizando a través de las apariencias las operaciones constantes y regulares que han afectado al

6. Esta obra tuvo diferentes versiones: HUTTON, James. *Abstract of a Dissertation read in the Royal Society of Edinburgh upon the Seventh of March, and Fourth of April MDCCLXXXV, concerning the System of the Earth, its Duration and Stability*. Edimburgo: Scottish Academic Press, 1785 (facsimile 1987); HUTTON, James. «Theory of the Earth, or an Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of land upon the Globe». *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 1788, 1 (2), pp. 209-304. [De esta obra y de la anterior existe trad. castellana en: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2004, 12 (2), pp. 153-205]; HUTTON, James. *Theory of the Earth, with proof and illustrations*. Londres-Edimburgo: Cadell Jr. & Davies-W. Crach, 1795, 2 vols. [facsimiles en: Nueva York: Hafner (1959); Herts: Welson & Codicot (1959); Lehre: J. Cramer (1972). El cap. 1 del vol. I de esta edición de 1795 reproduce, con algunas modificaciones, la versión de 1788]; HUTTON, James. *Theory of the Earth, with proof and illustrations* (póstuma). Londres: Geological Society, 1899, vol. III, (ed. facsimile 1997) [esta obra está reproducida en DEAN, Dennis R. (ed.). *James Hutton in the field and in the study*. Delmar (NY): Scholars' Facsimiles and Reprints, 1997].

- Globo, donde se llegará a un período en el que no es posible precisar cronología alguna (pp. 217-218/pp. 19-20).
6. Las mismas causas del presente actuaron en el pasado, como se deduce a partir de las causas que parecen ser necesarias para la formación de los estratos según su analogía y semejanza (pp. 219-220/pp. 21-24).
 7. La constancia y regularidad de las leyes naturales a través del espacio y del tiempo es lo que permite reconocer lo que es posible de lo imposible (pp. 225-226, 265, 273/pp. 42, 128, 143).
 8. Las operaciones que afectan al Globo permanecen en la actualidad sin mermar su actividad o en plenitud de fuerzas en relación con el pasado (p. 272/p. 141).
 9. Existe un estado regular y uniforme en las capas del Globo; estas apariencias naturales que diversifican la superficie terrestre son consecuencia de causas regulares, que implican un cierto orden y permanencia en los mecanismos de la naturaleza, por lo que se precisa una uniformidad en su progresión (pp. 285-287, 302/pp. 165-167, 197).
 10. Por comparación con las revoluciones de los planetas dentro del Sistema Solar, se concluye en relación con la inmensidad del tiempo cíclico: «El resultado de nuestra presente investigación es que no encontramos vestigio de un principio, ni perspectiva de un final» (p. 304/p. 200).

La doctrina huttoniana se sitúa dentro del naturalismo mecanicista newtoniano y sus normas metodológicas de las causas verdaderas y la uniformidad en la naturaleza⁷. Consistía, partiendo del estado actual y sin recurrir a la fantasía de la imaginación, en supeditar la decadencia de una parte de la Tierra a la restauración de otra a través de procesos naturales regidos por leyes naturales que estaban afectados entre sí por una relación causal regular y uniforme. Esto implicaba la percepción de un cierto *estado de equilibrio* (¿de origen kantiano?) que desarrollaría mucho más ampliamente Lyell.

El matemático John Playfair (1738-1819), profesor de Filosofía Natural en Edimburgo, amigo personal de Hutton, *intérprete e ilustrador* de la teoría huttoniana, lo dejaría sintetizado en el siguiente párrafo: «Entre todas las revoluciones del Globo, la economía⁸ de la naturaleza ha sido uniforme, en este sentido, así como en muchos otros, y sus leyes son lo único que ha resistido el cambio

7. La metodología mecanicista sobre la causalidad seguida por Hutton la dejó establecida Isaac Newton (1642-1727) en diversas obras: NEWTON, Isaac. *Óptica, o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid: Alfaguara, 1704 (trad. castellana 1977 de la 4.ª ed. inglesa 1730), Libro III, Parte I, *Cuest.* 28, p. 319; *Cuest.* 30, p. 324, y *Cuest.* 31, pp. 347-349; NEWTON, Isaac. *Sobre el Sistema del Mundo* (obra póstuma). En *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*. Madrid: Alianza Ed., 1728 (trad. castellana 1987), vol. 2, Libro III (*Reglas para filosofar*), pp. 615-618.

8. Por *economía* se entendía el *sistema de una ciencia*, es decir, el conjunto de reglas que permiten tener un conocimiento preciso sobre algo. Con este sentido de regularidad y constancia de las

general. Los ríos y las rocas, los mares y los continentes, han sido modificados completamente; pero las leyes que dirigen dichos cambios, y las reglas a que están sujetos, han permanecido siempre invariables»⁹.

Estas ideas de Hutton, como ya se ha comentado, las retomaría, algunas décadas más tarde, Charles Lyell¹⁰, y las desarrollaría en sus *Principles of Geology*, aunque para algunos autores, en una apreciación, como veremos, errónea, Lyell habría sido el *padre e introductor* del actualismo-uniformitarismo en la ciencia geológica.

Antes de la publicación del primer volumen (1830), en una carta dirigida a su colega y amigo Roderick Murchison (1792-1871), fechada en Nápoles a principios de 1829, Lyell le hablaba de la planificación de su obra. En ella le comunica su esfuerzo por establecer «el principio de razonamiento de la ciencia», y donde toda la geología sería una ilustración de sus opiniones a este respecto, a saber, que «cualquiera que sea la época anterior a la que nos remontemos, hasta el presente, nunca han actuado otras causas que las que operan en la actualidad; y que nunca lo han hecho con diferentes grados de energía que los que ejercen en el presente»¹¹. Así lo dejaría plasmado ya en el subtítulo de sus *Principles*: «Un intento de explicar los cambios anteriores en la superficie terrestre por referencia a las causas que operan en la actualidad». Lyell estaba convencido de que nunca se había producido interrupción alguna en la uniformidad de los acontecimientos naturales, y que «el mismo conjunto de causas generales puede haber sido suficiente para producir, en sus variadas combinaciones, la infinita diversidad de efectos, conservados en la memoria de la corteza terrestre, y coherente con estos principios, se espera la repetición de cambios análogos en el futuro»¹².

leyes, Hutton había aplicado este concepto, además de al estudio de la naturaleza, también al globo terrestre y a los minerales.

9. PLAYFAIR, John. *Illustrations of the Huttonian theory of the earth*. Nueva York: Dover, 1802 (facsimile, 1964), §373, pp. 421-422.

10. Sin duda, Lyell también recurrió a las ideas de otros autores iniciado ya el siglo XIX que también defendían el carácter ilimitado del principio de uniformidad en la naturaleza y las causas actuales; véanse, por ejemplo, HOFF, Karl E. A. von. *Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche*. Gotha: Justus Perthes, 1822, tomo I, p. 7; LUC, Jean A. de. «Preliminary discourse on Geology». En *An elementary treatise of geology*. Londres: F. C. & J. Rivington, 1809 (trad. del manuscrito francés), pp. 1-64; PRÉVOST, Constant. «De la formation des terrains des environs de Paris (première partie)». *Nouveau Bulletin des Sciences (par la Société Philomatique de Paris)*, 1825, p. 74; SAINTE-CLAIRE DEVILLE, Charles J. *Coup-d'œil historique sur la géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont*. París: Masson Éd., 1878, pp. 205-221.

11. LYELL, Charles. «To Roderick Murchison, Esq., Naples: January 15, 1829». En LYELL, Katharine M. (ed.). *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart*. Londres: J. Murray, 1881 (facsimile, Nueva York: Cambridge University Press, 2010), vol. I, cap. IX, p. 234; véanse, además, RUDWICK, Martin J. S. «The strategy of Lyell's *Principles of geology*». *Isis*, 1970, 61, pp. 4-33; LAUDAN, Rachel. «The role of methodology in Lyell's science». *Studies in History and Philosophy of Science*, Part A, 1982, 13 (3), pp. 215-249.

12. LYELL, *Principles*, 1830, vol. I, cap. v, p. 75.

En esos mismos años, el filósofo de la ciencia británico William Whewell (1794-1866) realizó la revisión de los *Principles* de Lyell en amplios ensayos. En el correspondiente al segundo volumen, en 1832, se preguntaba si los cambios geológicos habían sido uniformes en intensidad, o por el contrario habrían existido períodos catastróficos o paroxísticos intercalados con otros de una cierta tranquilidad. La respuesta a esta cuestión dividiría, según Whewell, a los geólogos en dos *sectas* bien distintas, e introdujo el término *uniformitaristas* (uniformitarians, en el original inglés) para el primer grupo, frente a los *catastrofistas* (catastrophists) que constituirían el segundo¹³. De aquí se derivó la expresión *Uniformitarismo* (Uniformitarianism) que representaría la doctrina gradualista en el Reino Unido, mientras que en la Europa continental recibiría la denominación de *Actualismo*¹⁴, siguiendo la terminología utilizada sobre todo por los naturalistas franceses y alemanes.

A pesar de las numerosas críticas recibidas, la obra de Lyell fue un rotundo éxito en cuanto a su difusión¹⁵. Con ella, la doctrina actualista-uniformitarista penetró con fuerza y se consolidó en el pensamiento geológico de la época, fue más *productiva* y *fructificó* mejor (siguiendo a Koyré) que en otros autores, dominando prácticamente todos los aspectos metodológicos de la ciencia de la geología

13. WHEWELL, William. «Review of volume 2 of Lyell's *Principles of Geology*». *The Quarterly Review*, 1832, 47 (art. IV), p. 126.

14. La epistemología actualmente discute estas ideas bajo los significados respectivos de *Uniformitarismo metodológico* (como principio procedimental o verdadero *Actualismo*), y *Uniformitarismo sustantivo* (como teoría del cambio geológico o *Gradualismo*). Se sostiene, además, que el primero de estos significados sería *falso*, puesto que la geología ya ha venido reconociendo y aceptando, desde el siglo XX, la existencia de cambios no graduales, y el segundo *superfluo*, porque la constancia de las leyes naturales es inherente a cualquier ciencia. Los científicos, en general, se adhieren al principio metodológico intuitivamente porque sin él sería imposible hacer ciencia; véanse ROMANO, Marco. «Reviewing the term uniformitarianism in modern Earth sciences». *Earth-Sciences Review*, 2015, 148, pp. 65-76; RUDWICK, Martin J. S. *The meaning of fossils. Episodes in the history of palaeontology*. Chicago: Chicago University Press, 1972 (2.ª ed. 1985), pp. 185-191; GOULD, Stephen J. «Catastrophes and steady state Earth». *Natural History Magazine*, 1975, 84 (2), pp. 14-18 (reproducido como: «Uniformity and catastrophe». En *Ever since Darwin*. Nueva York: W. Norton, 1977, pp. 147-152; trad. castellana: «Uniformidad y catástrofe». En *Desde Darwin*. Barcelona: Crítica, 2010, pp. 163-169); GOULD, Stephen J. «Towards the vindication of punctuational change». En BERGGREN, William A. y COUVERING, John A. van (eds.). *Catastrophes and earth history. The new uniformitarianism*. Princeton: Princeton University Press, 1984, pp. 10-12; RAMPINO, Michael R. *Cataclysms: a new geology for the twenty-first century*. Nueva York: Columbia University Press, 2017, caps. 1-2; RAMPINO, Michael R. «Reexamining Lyell's Laws». *American Scientist*, 2017, 105, pp. 224-231 [trad. castellana: «Las leyes de Lyell, a examen». *Investigación y Ciencia*, 2018, 505 (octubre), pp. 60-67].

15. De los *Principles of Geology* se hicieron doce ediciones (revisadas con ligeras variaciones) entre 1830 y 1875, once en vida de su autor; véanse FATE, Victor Joseph di. «Arguing for uniformity: Rethinking Lyell's *Principles of Geology*». *Perspectives on Science*, 2011, 19 (2), pp. 136-153; RUDWICK, Martin J. S. «Introduction». En LYELL. *Principles*, 1830 (ed. 1990), vol. I, pp. vii-lv; RUDWICK, Martin J. S. «Lyell and the *Principles of Geology*». En BLUNDELL, Derek J. y SCOTT, Andrew C. (eds.). *Lyell, the past is the key to the present*. London: Geological Society, 1998, n.º 143, pp. 1-15 Special Publications.

hasta bien entrado en siglo XX¹⁶. El pensamiento lyelliano se oponía, por un lado, al catastrofismo que imperaba en la interpretación físico-sagrada del planeta, pero también, por otro lado, a la ortodoxia geológica que defendía los grandes cataclismos episódicos de origen natural que defendían algunos científicos, entre ellos Georges Cuvier (1769-1832) o Adam Sedgwick (1785-1873), y que en buena parte aceptaban asimismo las causas actuales. El problema fundamental entre ambas doctrinas residía en un aspecto del uniformitarismo que se suele obviar en estas discusiones. Lyell defendía, además, la *uniformidad en las condiciones materiales* de la Tierra, según la cual su *configuración global* habría sido siempre la misma desde su origen. Es decir, el planeta se había mantenido en un cierto *estado de equilibrio* (que encontraremos en Immanuel Kant más adelante) en cuanto a la proporción entre las masas terrestres y oceánicas, su orografía y su clima, aunque se hubiera modificado lenta y gradualmente su distribución a lo largo del tiempo.

Lyell sostenía asimismo una geología independiente de la cosmogonía, como la historia lo era de las especulaciones míticas y de las leyendas. Esto obstaculizó a lo largo del siglo XIX por parte de los uniformitaristas, entre otros ejemplos, la aceptación de los cambios climáticos que condujeron en la Era Glacial durante el Cuaternario. Dichos cambios eran achacados, desde un punto de vista científico, a acontecimientos catastróficos en el Sistema Solar, alteraciones que afectaron a la tasa de emisión de energía solar, a la geometría de la órbita terrestre, a la distribución de mares y continentes o a factores atmosféricos. Las causas actuales eran totalmente inadecuadas e insuficientes para explicar las evidencias del glaciario durante el Pleistoceno, pero para Lyell estas vicisitudes catastrofistas, y consecuentemente ajenas a su visión gradualista, no podían «reconciliarse con el orden existente en la naturaleza»¹⁷, y nunca las aceptó. Siempre antepuso su imaginación a la evidencia y la fuerza de la retórica a los argumentos lógicos. Sus planteamientos eran apriorísticos, y también radicales y dogmáticos, como otras muchas de sus afirmaciones, que se reflejaban además en el tono en que se expresaban. Pero sus partidarios se adhirieron a la doctrina lyelliana más bien por la *persuasiva elegancia* de sus argumentos, bastante menos empíricos que los de sus oponentes, que por otro lado eran además más racionales y más coherentes desde el punto de vista observacional. La nueva metodología se convirtió de esta forma en un obstáculo epistemológico de

16. El filósofo inglés John Stuart Mill (1806-1873) realizó una interesante y amplia discusión de estos aspectos generales de la metodología científica de la inducción en relación con la uniformidad en la naturaleza y la causación, que apareció poco después de la publicación de la primera edición del libro de Lyell; MILL, John Stuart. *System of Logic, Ratiocinative and Inductive*. Londres: Logmans-Green, 1843 (ed. 1949), vol. I, Libro III (preferentemente, caps. III-VI). [Existe trad. castellana ya clásica: *Resumen de Lógica* (Libros I-VI). París-México: Librería de la Vda. de Ch. Bouret, 1897].

17. LYELL. *Principles*, 1830, vol. I, caps. VI-VIII; véanse, además, BOYLAN, Patrick J. «Lyell and the dilemma of Quaternary glaciation». En BLUNDELL, Derek J. y SCOTT, Andrew C. (eds.). *Lyell, the past is the key to the present*. London: Geological Society, 1998, 143, pp. 145-159, Special Publications; SUMMERHAYES, Colin. *Earth's climate evolution*. Oxford: John Wiley, 2015, caps. 2-3.

gran relevancia, que afectó, por ejemplo, a la aceptación de la teoría de los cráteres de impacto en el Sistema Solar hasta bien entrado el siglo xx¹⁸.

Veremos a continuación dónde reside la supuesta *originalidad* del pensamiento huttoniano-lyelliano.

3. EL ACTUALISMO-UNIFORMITARISMO COMO METODOLOGÍA A LO LARGO DEL SIGLO XVIII

Desde el siglo xvii, los pioneros de la geología como ciencia ya habían empezado a identificar diferentes aspectos inmanentes de los acontecimientos que habían tenido lugar en la superficie terrestre y que determinaban su estructura actual. Estas observaciones entraban en el incipiente propósito de liberarse de la Teología Natural, contribuyendo al mismo tiempo al cierre categorial de la ciencia geológica¹⁹.

En primer lugar, reconocían que todo fenómeno estaba ocasionado por diversas causas y factores naturales que era imprescindible concretar; por otro lado, había que explicar el mecanismo por el que se producía dicho fenómeno; y, finalmente, era preciso analizar los efectos causados por el proceso geológico en cuestión. Esto se ve claramente, por ejemplo, en el ciclo geológico descrito por Robert Hooke (1635-1703) en sus disertaciones sobre los terremotos y las erupciones subterráneas, fechadas entre los años 1660-1680, aunque se publicaron póstumamente, en 1705. Para este erudito y polifacético inglés conocido como *el Leonardo de Londres*, los cambios en la superficie terrestre y la transformación de su naturaleza se producían por la alternancia cíclica del dominio entre los mares y las tierras emergidas (fenómeno), como consecuencia de las variaciones periódicas del nivel del mar (proceso o mecanismo) debido a la acción de los terremotos y de las tormentas (causas)²⁰.

Estas interpretaciones habrían sido impensables fuera del marco metodológico del actualismo como sistema de referencia, es decir, sin necesidad de recurrir a causas sobrenaturales, obviando, por lo tanto, la interferencia o intervención de

18. Véanse AGER, Derek. *The new catastrophism*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993 (ed. 1995); ALLMON, Warren D. «Post-Gradualism». *Science*, 1993, 262 (5130), pp. 122-123; BERGGREN, William A. y COUVERING, John A. van (eds.). *Catastrophes and earth history. The new uniformitarianism*. Princeton: Princeton University Press, 1984; STEEL, Duncan I. «The limitations of NEO-Uniformitarianism». *Earth, Moon, and Planets*, 1996, 72 (1-3), pp. 279-292.

19. ÁLVAREZ MUÑOZ, Evaristo. *Filosofía de las ciencias de la tierra. El cierre categorial de la geología*. Oviedo: Pentalfa, 2004.

20. HOOKE, Robert. «Lectures and discourses of earthquakes, and subterraneous eruptions». En WALLER, Richard (ed.). *The posthumous works of Robert Hooke*. Londres: Smith & Walford, 1668-1700 (ed. 1705), pp. 277-450 [reproducido en DRAKE, Ellen T. *Restless genius. Robert Hooke and his earthly thoughts*. Nueva York: Oxford University Press, 1996, pp. 159-365]; concretamente: 1668-1700/1996: Discourse n.º 1 (1668/1996), pp. 297/181, 312-316/198-204, 325/213; Discourse n.º 3 (1686-1687/1996), pp. 341/239-241.

la Providencia Divina. Aun así, muchos autores hacían compatible racionalmente su forma de pensar actualista con una cierta visión catastrofista, pero de orden natural.

La base primordial de esta metodología de las causas actuales en el campo de la geología la había hecho explícita, avanzada ya la segunda mitad del siglo XVII, el médico danés Nicolaus Steno (1638-1686) en sus estudios sobre la Toscana publicados en 1669 bajo el título *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*: «... el estado presente de una cosa dada nos puede descubrir cuál fue el estado pasado de esta misma cosa»^{21,22}. En realidad, este camino lo había abierto un siglo antes el filósofo renacentista italiano Bernardino Telesio (1509-1588), quien defendía el estudio de la naturaleza mediante los sentidos y según determinados principios inherentes a la misma, entre los cuales se encuentra implícito el actualismo al considerar que la naturaleza «actúa y opera siempre de la misma manera»²³.

La expresión citada de Steno, en su forma más habitual de «El presente es la clave del pasado»²⁴, se ha considerado la síntesis de la teoría huttoniana, y volveremos a encontrarla en numerosas ocasiones, unas veces con mayor concreción, mientras que en otras se expone de una forma más general, pero en todos los casos viene a significar la prevalencia de las causas actuales y naturales.

Expresiones equivalentes fueron propuestas por Henri Gautier (1660-1737), el llamado *Hutton francés* debido a que su teoría de la Tierra es prácticamente análoga a la del pensador escocés, al que se habría adelantado en casi siete décadas. En sus nuevas conjeturas en relación con los estratos se expresaba, en 1721, de esta forma: «Si a partir de este estado actual de la tierra, donde se ve que todas estas capas están formadas de igual manera por las inundaciones fluviales, se comparan con las que se encuentran junto a todas las montañas, bajo ellas y en su estructura, ... no se observa una gran diferencia entre lo que se está formando

21. STENO, Nicolaus. *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florencia: Typographia sub signo Stellae, 1669, p. 67. [Trad. castellana de Leandro Sequeiros en: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2002, 10 (3), p. 276, (93)].

22. A excepción de este pequeño párrafo que se debe a la versión castellana del profesor Leandro Sequeiros citada en la nota anterior, todos los textos traducidos son responsabilidad del autor del presente trabajo.

23. TELESIO, Bernardino. *De Rerum Natura iuxta propria principia, Liber Primus, & Secundus, denuò editi*. Neapoli: Iosephum Cacchium, 1570, 95 folios, Liber Primus, cap. I, folio 2 (envés). [Trad. castellana: *La naturaleza según sus propios principios. (Libros primero y segundo nuevamente editados)*. Madrid: Tecnos, 2013, Libro Primero, cap. 1, p. 6].

24. Esta máxima por excelencia de la filosofía huttoniana se debe realmente al geólogo escocés Archibald Geikie (1835-1924) y eminente historiador de la geología especialista en Hutton; véanse GEIKIE, Archibald. «The centenary of Hutton's "Theory of the Earth"». En *Landscape in history and other essays*. Londres: Macmillan, 1892 (ed. 1905), pp. 161 –encabezado–, y 171; GEIKIE, Archibald. *The founders of Geology*. Londres: Macmillan, 1897 (2.ª ed./1905: Nueva York: Dover; reimp. 1962), pp. 168/299.

hoy, y lo que se formó con anterioridad, que se encuentra trastocado»²⁵. Ese mismo año, el médico y naturalista italiano Antonio Vallisneri (1661-1730) relacionó el hallazgo de los fósiles, en tanto que restos de seres vivos, en la cima de las montañas con la existencia del Diluvio Universal como catástrofe puesto que solo así podían haber llegado hasta allí, pero con una interpretación actualista: «Del estado actual debemos concebir el pasado»²⁶.

Con este afán de conocer y comprender el pasado a partir del presente se fueron desarrollando las sensibilidades históricas a lo largo del siglo XVIII, lo que vino a significar una profunda transformación de lo que era la *historia natural* en una *historia de la naturaleza*. Esto, además, condujo a la concreción de un ineludible componente histórico en la ciencia de la geología. Por eso es adecuado traer a colación al filósofo de la historia italiano Giambattista Vico (1668-1744), uno de los padres de la historiografía moderna. En 1725, en sus *Principi di Scienza Nuova*, señalaba dentro de las vías fundamentales para la reflexión sobre la reconstrucción del pasado: «Es otra *propiedad de la mente humana* que, cuando los hombres no pueden hacerse *idea alguna* de las cosas *lejanas y desconocidas*, las juzgan a partir de las cosas que les son *conocidas y presentes*»²⁷ (énfasis original).

La misma metodología la seguirían aplicando otros muchos autores conforme avanzaba el Siglo de las Luces. Louis Bourguet (1678-1743), erudito francés exiliado en Suiza, en su *Mémoire sur la théorie de la terre*, de 1729, sostenía en cuanto el método que se había propuesto seguir: «... consiste en que queremos volver desde la consideración del estado actual del Globo, al cambio que ciertamente le sucedió. A partir de ahí llegaremos a la forma en que se realizó este cambio. Luego se pasará a considerar el estado primitivo del Globo, cuyo conocimiento depende de los estados que se derivan del primero. Finalmente, se llegará a la explicación de su estado futuro, que es una continuación natural de aquellos que lo precedieron...»²⁸. Esta sentencia es un adelanto notable de la teoría huttoniana (punto 4), que aparecería sesenta años después.

Por otro lado, dos acérrimos neptunistas y defensores por lo tanto del océano universal, como Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), y Benoît de

25. GAUTIER, Henri. *Nouvelles conjectures sur le globe de la Terre...* París: A. Cailleau, 1721, Prêface, p. II; véanse, además, ELLENBERGER, François. «A l'aube de la géologie moderne: Henri Gautier (1660-1737). I. Les antécédents historiques de la vie d'Henri Gautier». *Histoire et Nature*, 1975, 7, pp. 3-58; *Idem*, 1976-1977, 9-10, pp. 3-149.

26. VALLISNERI, Antonio. *De' corpi marini che su' monti si trovano, della loro origine, e dello stato del mondo davanti il diluvio, nel diluvio e dopo il diluvio*. Venecia: D. Lovisa, 1721, p. 76, nota marginal.

27. VICO, Giambattista. *Principi di Scienza Nuova*. Nápoles: Stamperia Muziana, 1725 (3.ª ed. 1744), vol. I, «Degli Elementi», II, p. 73. [Trad. castellana: *Ciencia nueva*. Madrid: Tecnos, 1995 (de la 3.ª ed. italiana 1744), Libro 1, II.ii.122].

28. BOURGUET, Louis. «Mémoire sur la théorie de la terre». En *Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux*. Amsterdam: F. L'Honore, 1729, pp. 177-220; véase, además, BOURGUET, Louis. «Discours sur l'origine des pierres». En *Traité des pétrifications*. París: Briasson, 1742, pp. 1-52.

Maillet (1656-1738), se manifiestan también en los términos de las causas actuales. Buffon lo hace en dos de sus obras más importantes desde el punto de vista de la geología. En su *Théorie de la Terre* (1744), expresa repetidas veces la noción de uniformidad en la naturaleza en relación con la formación de los estratos en las montañas y depósitos fosilíferos, así como con la organización del planeta, y para determinar los cambios que había sufrido, ajenos a cualquier tipo de especulación, considera que sería necesario «observarla en su conjunto, y por inducción a partir del presente extraer conclusiones sobre el pasado»²⁹. También, en *Les Époques de la Nature* (1778), vuelve a insistir en las causas actuales para reconstruir el pasado: «Es solo a partir de este momento, pues, que podemos comenzar a comparar la Naturaleza con ella misma, y remontarnos desde su estado actual y conocido a algunas épocas de un estado anterior. ... ya que se trata de imaginar, en una palabra, no solo el pasado reciente, sino el pasado más antiguo, solo por el presente...»³⁰.

En 1748 apareció *Telliamed, ou Entretiens d'un philosophe indien avec une missionnaire français sur la diminution de la mer...*, obra anónima y póstuma de Benoît de Maillet, cónsul francés en Egipto, aunque ya había circulado dentro de la llamada *littérature clandestine* por toda Europa desde finales de los años 1730. Además de diplomático, Maillet poseía interés por la geología, y era buen conocedor de la cuenca mediterránea. Sus estudios sobre las variaciones del nivel del mar observados en las costas del norte de África los expresó repetidamente dentro de una perspectiva actualista en la mencionada obra: «Según este trabajo, mi amigo comparó el estado de los fondos marinos con el de las tierras correspondientes, para reconocer la relación que podría existir en su conformación... Su objetivo era poder juzgar mejor por la acción actual del mar, si realmente hubiera formado estos diversos terrenos, que parecían haber sido levantados solo para servir de barrera». Este método se podía utilizar dado que existía una cierta similitud entre los procesos actuales y los antiguos, además de ser muy difícil distinguir los depósitos marinos antiguos y modernos debido al estado de equilibrio que se podía observar, puesto que las leyes naturales eran constantes o con poca variación³¹.

Mediando el siglo XVIII, Nicolas Desmarest (1725-1815), geólogo francés y colaborador de la *Encyclopédie* en lo relacionado con la Geografía Física, participaba

29. BUFFON, Georges Louis Leclerc, conde de. *Second Discours: Histoire et Théorie de la Terre*. En *Histoire Naturelle, générale et particulière*. París: Imprimerie Royal, 1744, tomo I, pp. 90, 93, 98-99. [Trad. castellana: *Discurso Segundo: Historia y Teoría de la Tierra*. En *Obras completas de Buffon*. Madrid: F. de Paula Mellado, 1847, tomo I, pp. 72, 75, 79].

30. BUFFON, Georges Louis Leclerc, conde de. *Histoire naturelle, générale et particulière: contenant Les époques de la Nature*. París: Imprimerie Royal, 1778 (supplément, tome neuvième), pp. 6-7. [Trad. castellana: *Las épocas de la Naturaleza*. Madrid: Alianza Ed., 1997, p. 145].

31. MAILLET, Benoît de. *Telliamed, ou Entretiens d'un philosophe indien avec une missionnaire français sur la diminution de la mer...* La Haya: Pierre Gosse Jr., 1748 (nouv. ed. 1755), 2 tomos [tomo I (Première Journée), pp. 22-23, (Troisième Journée), p. 221; tomo II (Quatrième Journée), pp. 58 y 63-64, (Cinquième Journée), p. 103].

también del actualismo con bastante contundencia: «Podré, sin arriesgar suposiciones imprudentes, extraer conclusiones del pasado a partir del presente, y desde los tiempos de luz remontarnos a las oscuridades de los siglos más sombríos», insistiendo en ello ya iniciado el siglo XIX en relación con los procesos geológicos del pasado de la Tierra: «... cuanto más se siguen las huellas de las operaciones de la naturaleza mediante un examen razonado y reflexivo, más es posible convencernos de que con todos los agentes que vemos actuar ante nuestros ojos, se han podido llevar a cabo estos inmensos trabajos»³².

Nicolas Antoine Boulanger (1722-1759), ingeniero y humanista francés, elaboró, por su parte, una Teoría de la Tierra, en 1753, aunque permanece inédita, que ha sido considerada un antecedente de James Hutton³³. Especialmente en lo referente a los ciclos de la materia, Boulanger defiende un sistema terrestre cíclico a largo plazo, no direccional: «Nuestro análisis nos ha conducido a un último término que no se diferencia en nada del primero... Podemos... creer que nos alejamos siempre infinitamente del primer término y de la última época de cualquier cosa...»³⁴ (recuérdese el punto 10 de la teoría huttoniana).

Ideas parecidas sobre los ciclos del tiempo y su infinitud las encontramos asimismo en una nueva teoría de filosofía natural del polifacético jesuita raguseo Rudjer Josip Bošković (1711-1787), para quien, desde un punto de vista de la Física, era imposible pensar en una Naturaleza en estado quiescente, y con cambios repentinos³⁵.

Mijaíl Vasilievich Lomonósov (1711-1765), erudito y pionero de la escuela rusa de geografía, en su obra *Sobre los estratos de la Tierra*³⁶, sostenía que el Diluvio había tenido poca influencia en el modelado de la superficie terrestre.

32. DESMAREST, Nicolas. *Dissertation sur l'ancienne jonction de l'Angleterre à la France*. Amiens: Godart, 1753, p. 99; DESMAREST, Nicolas. «Anecdotes de la nature et de l'histoire de la terre». En *Encyclopédie Méthodique. Géographie physique*. París: H. Agasse, 1803, tomo II, n.º VII, p. 561.

33. BOULANGER, Nicolas A. *Anecdotes de la Nature* (Inédito: MS 869, 1753, Muséum d'Histoire Naturelle, París). Algunos extractos de esta obra se reproducen en HAMPTON, John. *Nicolas-Antoine Boulanger et la science de son temps*. Ginebra: E. Droz, 1955, pp. 161-198; véanse, además, ROGER, Jacques. «Un manuscrit inédit perdu et retrouvé: *Les anecdotes de la nature*, de Nicolas Antoine Boulanger». *Revue des Sciences Humaines*, 1953, vol. 71 (juillet-septembre), pp. 231-254 (reimpreso en *Pour une bistoire des sciences à part entière*. París: Albin Michel, 1995, pp. 313-344); BAERE, Benoît de. «Figures et modèles de la catastrophe: de la théorie de la Terre à l'anthropologie». En MORAU, Isabelle (dir.). *Les Lumières en mouvement*. Lyon: ENS Éds., pp. 281-306.

34. BOULANGER, *Anecdotes*, 1753, pp. 380-382, frase en la que se reconoce sin duda alguna el famoso aforismo huttoniano «sin vestigio de un principio», de acuerdo con ELLENBERGER, François. *Histoire de la Géologie*, Tome 2 (*La grande écloison et ses prémices, 1660-1810*). París: Lavoisier, 1994, p. 199.

35. BOŠKOVIĆ, Rudjer J. *Theoria Philosophiæ Naturalis/A Theory of Natural Philosophy*. Chicago-Londres: Open Court, 1763 (ed. latín-inglés/1922), Part III, arts. 383-384, 388; Suppl. I, arts. 9-10.

36. LOMONOSOV, Mijaíl V. *On the strata of the earth* (1763). Geological Society of America, Special Paper, n.º 485, 41 pp. [trad. inglesa (2012) del original ruso *O sloiakb zemnykh*]. [Existe trad. alemana: *Über der Erdschichten* (1763). En NAUMANN, Friedrich (ed.). *Michail Vasil'evic Lomonosov*.

Consideraba, por el contrario, que la corteza se encontraba en un estado de equilibrio entre las fuerzas geológicas externas a través de los mares, ríos, lluvia, nieve y viento (caps. 1-3), y las fuerzas internas mediante la acción de los terremotos y los volcanes (cap. 4), cuyo estudio era posible por comparación entre los procesos actuales y los antiguos. También pensaba, con un cierto sentido *histórico*, que habían ocurrido movimientos oscilatorios de hundimiento y elevación en la corteza, con la consiguiente alternancia de los dominios terrestre y marino, y el levantamiento e inclinación de los estratos, aunque su historia no era *direcciona*l sino a través de *ciclos* repetidos un número incontable de veces y a lo largo de grandes períodos de tiempo (caps. 4-5).

Muchas décadas antes de Hutton, Immanuel Kant (1724-1804) iniciaba sus clases de Geografía Física en la Universidad de Königsberg, donde expresaba una teoría de la Tierra con visiones actualistas que se analizará en un apartado independiente más adelante.

En 1780, cinco años antes de que Hutton expusiera su *teoría* ante la Royal Society de Edimburgo, aparecieron tres obras con ideas bastante similares e incluso equivalentes.

Jean-Louis Giraud-Soulavie (1751/1752-1813), naturalista, historiador y diplomático francés, en su trabajo sobre la historia natural de la Francia meridional sostenía que a través de su método «distingamos sobre todo las sustancias modernas de las más antiguas; pasemos de lo más conocido a lo menos conocido», y, después de haber analizado los hechos y observado la cadena de causas, «... se mostrará la naturaleza en sus operaciones más antiguas»³⁷. Por otro lado, el filósofo natural y meteorólogo suizo Jean-André de Luc (1727-1817), en relación con esta misma metodología actualista, escribió: «Queremos, así, explicar el pasado a través del presente. Este método es seguramente muy bueno, pero siempre que se vea bien el presente»³⁸. Por último, el médico inglés George Hoggart Toulmin (1754-1817) es uno de los más destacados autores cuyos conceptos son prácticamente idénticos a los de Hutton³⁹. En su obra sobre la edad del mundo, defendía que la naturaleza había actuado a través de ciclos interminables de acontecimientos similares a los que vemos actualmente, a través de leyes fijas, eternas e inmutables, y puesto que la naturaleza es invariablemente la misma, era preciso admitir que los cambios habían sido regulares y uniformes⁴⁰.

Schriften zur Geologie und zum Berg- und Hüttenwesen (1742-1765). Berlín-Boston: W. de Gruyter, 2017, 7. Zweite Beilage, pp. 225-318].

37. GIRAUD-SOULAVIE, Jean-Louis. *Histoire naturelle de la France méridionale*. París: Imprimerie de Belle, 1780, tomo I, p. 11.

38. LUC, Jean A. de. *Lettres physiques et morales sur l'histoire naturelle de la terre et de l'homme*. La Haye: De Tulle, 1779 [1780], tomo II, IV partie, Lettre xxvii, p. 11.

39. TOULMIN, George H. *Antiquity and duration of the world*. Londres: Cadell, 1780.

40. TOULMIN. *Antiquity and duration*, 1780, pp. 185-186, 196, 200.

En resumen: la aplicación de las causas actuales y del principio de uniformidad en la naturaleza no fue un *descubrimiento* de James Hutton, y mucho menos de Charles Lyell, sin menoscabar en absoluto la relevancia de las contribuciones de estos naturalistas a la modernización de la geología. Sin embargo, es preciso destacar que Lyell, como hemos visto, elaboró *simplemente* toda una teoría del cambio geológico a partir del desarrollo y transformación⁴¹ de ideas anteriores, que alcanzó la catástasis con la aceptación de dicha teoría por parte de la mayoría de la comunidad geológica, ante todo por la elocuencia de su discurso, a pesar de que algunas de sus explicaciones y conclusiones fueron, como quedaría patente a lo largo del siglo XX, incorrectas.

Veremos en el apartado siguiente en qué medida contribuyó Immanuel Kant al acervo metodológico de la teoría de las causas actuales.

4. LA TEORÍA DE LA TIERRA DE IMMANUEL KANT

Immanuel Kant, afamado filósofo idealista y epistemólogo prusiano, realizó una notable labor en el campo de la ciencia a partir de mediados del siglo XVIII, que, sin embargo, es poco o mal conocida fuera de un ámbito muy restringido de estudiosos. Nos referimos en concreto a sus obras sobre cosmogonía (*Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, 1755, primera edición anónima)⁴² y, sobre todo, a sus aportaciones a la geografía física (*Physische Geographie*)⁴³. El original de esta última obra, basado en dos manuscritos (fechados en 1757-1759 y 1774/1775, actualmente perdidos), fue reelaborado y corregido por su antiguo discípulo y amigo Friedrich Theodor Rink (1770-1811), filósofo y profesor de teología en Königsberg, recopilando diversas fuentes (notas del autor, apuntes de sus alumnos, y numerosas adiciones del propio Rink con la intención de actualizarlo), y publicado en 1802. Kant dedicaría también otros trabajos a temas geológicos, como la edad de la Tierra, el origen de los terremotos o las montañas de la Luna⁴⁴.

Su labor fue pionera en el campo de la ciencia geográfica, anterior incluso a la creación de la escuela de geógrafos alemanes, en las primeras décadas del siglo XIX, que se considera fundacional en esta disciplina, y en la que destacarían

41. Una excelente síntesis sobre la transformación de las ideas científicas se encuentra en COHEN, I. Bernard. *The Newtonian revolution, with illustrations of the transformation of scientific ideas*. Cambridge (NY): Cambridge University Press, 1980, 404 pp. (cap. 4, en especial, pp. 165, 201 y 282). [Trad. castellana: *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Madrid: Alianza Ed., 1983, cap. 4, pp. 185, 223, 305].

42. KANT, Immanuel. *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755). En *Kants Werke*. Berlín: G. Reimer, 1910 (ed. 1969), tomo I, pp. 215-368 (trads. castellanas: *Historia General de la Naturaleza y Teoría del Cielo*. Buenos Aires: Juárez Ed., 1946a; y en Buenos Aires: Ed. Lautaro, 1946b).

43. KANT, Immanuel. *Physische Geographie* [1802, manuscrito 1775]. En *Kants Werke*. Berlín-Leipzig: W. de Gruyter, 1923 (ed. 1968), tomo 9, pp. 151-436.

44. Véanse, respectivamente, las notas 55, 59 y 63.

posteriormente Carl Ritter (1779-1859) y Alexander von Humboldt (1769-1859). A su enseñanza dedicó los últimos cuarenta años de su vida activa en la Universidad de Königsberg, su ciudad natal. Aunque sus ideas geológicas están dispersas en diferentes trabajos, es en esa obra mencionada sobre geografía donde se configura una *Teoría de la Tierra*⁴⁵ característica de la época. En ella se van a encontrar concepciones tan análogas a las que se han visto en Hutton en muchos aspectos, que algunos autores han considerado a Kant el *padre intelectual* del naturalista escocés⁴⁶.

En el inicio de su obra, el sabio prusiano sostiene que su Geografía es una *descripción* física de la Tierra, con lo que pretende diferenciarla de una historia, que define como una *narración* (§. 3). Aun así, la Sección Cuarta (que es la que nos interesa), la titula *Historia de los grandes cambios que ha sufrido la Tierra, y continúa sufriendo*. Estos cambios de los que va a tratar hay que entenderlos dentro de las concepciones cosmogónicas de Kant, para quien la Tierra «no posee el carácter de la permanencia, que es el signo de la elección de Dios», razón por lo cual no podía mantenerse a sí misma en ausencia de milagros⁴⁷. Percibía, de esta forma, un planeta cambiante, pero en un cierto *estado de equilibrio* condicionado por la actuación de causas naturales, defendiendo su constancia y la regularidad en la naturaleza como una prueba precisamente de la existencia de Dios, ya que «... la naturaleza en sí misma, ni siquiera en el caos, puede proceder de otra forma que no sea regular y ordenadamente»⁴⁸ (énfasis original). Años más tarde, en sus *Prolegómenos*, reiteraría la validez de los principios de la experiencia⁴⁹.

La denudación del planeta a través de cambios *graduales* aún seguía produciéndose, y distinguía cinco causas: los terremotos; los ríos y la lluvia; la acción

45. KANT, *Physische Geographie*, 1802, vol. I, Sección Cuarta, §. 74-79.

46. Sobre los aspectos geológicos en las ideas de Kant, véanse ADICKES, Erich. *Kants Ansichten über Geschichte und Bau der Erde*. Tübinga: J. C. B. Mohr, 1911; BLEI, Wolfgang. «Ist Immanuel Kant der geistige Vater der Huttonschen Theorie?». *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 1974, 2 (11), pp. 1333-1335; BÜTTNER, Manfred. «Kant und die Überwindung der physikotheologischen Betrachtung der geographischkosmologischen Fakten». *Erdkunde*, 1975, 29, pp. 162-166; BÜTTNER, Manfred. «Kant and the physico-theological consideration of the geographical facts». *Abhandlungen zur Geschichte der Geowissenschaften und Religionen/Umwelt-Forschung*, 1989 3, pp. 82-92; FRITSCHER, Bernhard. «Kant und Werner. Zum Problem einer Geschichte der Natur und zum Verhältnis von Philosophie und Geologie um 1800». En BAUM, Manfred; DÖRFLINGER, Bernhard y KLEMME, Heiner F. (eds.). *Kant-Studien. Philosophische Zeitschrift der Kant-Gesellschaft*, 1992, 83 (4), pp. 417-435; REINHARDT, Olaf y OLDROYD, David R. «Kant's thoughts on the ageing of the earth». *Annals of Science*, 1982, 39 (4), pp. 349-369; REINHARDT, Olaf y OLDROYD, David R. «By analogy with the heavens: Kant's theory of the earth». *Annals of Science*, 1984, 41 (3), pp. 204-221; REINHARDT, Olaf. «Immanuel Kant's lectures on geography. A brief outline of its origin, transition, and development: 1754-1805». En ELDEN, Stuart y MENDIETA, Eduardo (eds.). *Reading Kant's geography*. Albany (NY): State University of New York Press, 2011, pp. 69-86.

47. KANT. *Allgemeine Naturgeschichte*, 1755/1946a, p. 311/135.

48. KANT. *Allgemeine Naturgeschichte*, 1755/1946a, Vorrede, p. 228/Prefacio, p. 18.

49. KANT, Immanuel. *Prolegómenos a toda metafísica futura que pueda presentarse como ciencia*. Madrid: Itsmo, 1783 (trad. castellana 1999, ed. bilingüe), §14-15, §17, y §18-19.

del mar; los vientos y el hielo; y la actividad humana (§. 74). Asimismo, la presencia de fósiles marinos en las cimas de las montañas más altas era una prueba evidente de que el mar, en los tiempos más antiguos, había cubierto toda la Tierra. También la forma de las montañas era otro indicador de este proceso, puesto que los recodos de los valles los veía análogos a los canales fluviales o a los que originaban las corrientes marinas como consecuencia de las mareas (§. 75).

Por otro lado, la existencia de diferentes materiales (orgánicos e inorgánicos, tanto acuáticos como terrestres) en los estratos de la corteza superficial le inducen a pensar que se había producido un intercambio entre los dominios marino y terrestre repetidamente en el pasado del planeta (§. 76). Esta alternancia tiene bastante que ver una vez más con sus ideas cosmogónicas: Kant consideraba que el planeta era un sistema en el que había tenido lugar una sucesión de mundos en relación, inevitablemente, con un tiempo inmenso o eterno. El carácter cíclico del sistema de la naturaleza lo llega a establecer por analogía con el Sistema Solar (recuérdese la comparación efectuada por Hutton vista anteriormente, punto 10 de su Teoría), y sobre la duración de estos ciclos escribe: «Transcurrirán millones e innumerables millones de siglos durante los cuales se formarán nuevos mundos y nuevos sistemas de mundos, unos tras otros, desde el centro de la naturaleza hasta alcanzar la perfección en los confines lejanos». Y más adelante, sobre la alternancia de mundos, vuelve a insistir: «Considerables partes de la Tierra que habitamos son sepultadas de nuevo en el mar, de donde surgieron en una época favorable; mas en otros parajes, la naturaleza compensa la carencia y produce otras regiones que estaban ocultas a gran profundidad... De la misma manera, mundos y sistemas de mundos desaparecen y son devorados en el abismo de la eternidad»⁵⁰.

A partir de aquí, y ya bajo la concepción de una *Teoría de la Tierra* (única vez que Kant utiliza esta expresión) o *Fundamentos para su Antigua Historia* (§. 77), va analizando diferentes ideas de naturalistas⁵¹ que le precedieron, y desechando aquellas en relación con el Diluvio como explicación de estos cambios. Durante siglos, la gran inundación mosaica se consideró el único agente geomorfológico que había modelado la superficie terrestre tras la creación. No obstante, el geógrafo prusiano sostiene que el diluvio bíblico fue demasiado pequeño en cuanto

50. KANT. *Allgemeine Naturgeschichte*, 1755/1946a, pp. 314 y 317/pp. 139 y 143.

51. La parquedad propia de la época en cuanto a las fuentes utilizadas también se pone en evidencia aquí: Kant identifica a los autores solo por el apellido, y aunque no las cita, Kant debió consultar las siguientes obras (el año se corresponde con la primera edición): *Physica Sacra* (1731) de Johann Jakob Scheuchzer (1672-1733); *De' crostacei e degli altri marini corpi che si truovano su' monti* (1740) de Anton Lazaro Moro (1687-1740); *Telluris Theoria Sacra* (1681) de Thomas Burnet (1635-1715); *An essay toward a natural history of the earth* (1695) de John Woodward (1665-1728); *A new theory of the earth* (1696) de William Whiston (1667-1752); *Protogaea* (1749) de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) (única obra citada por Kant); *Oratio de telluris habitabilis incremento* (1744) de Carl von Linné (1707-1778), y las ya mencionadas (notas 31 y 32) *Histoire et Théorie de la Terre* (1744) y *Les époques de la Nature* (1778) de Buffon.

a su duración para haber sido el causante de estos cambios, insuficiente además para haber acumulado enormes depósitos de conchas marinas, potentes capas de suelo e incluso grandes rocas. En consecuencia, el Diluvio tuvo que haber sido simplemente *uno* de los muchos procesos en los que se intercambió la tierra firme por el medio marino y viceversa, de los que ya había tratado con anterioridad. Por otro lado, y dentro de una cierta racionalidad, niega también que los terremotos, tan abundantes en la infancia de la Tierra, fuesen la causa general de la formación de las montañas, puesto que muchos estratos y depósitos fosilíferos poseían una ordenación y distribución de materiales gradual y uniforme, lo que habría sido imposible si se hubieran ocasionado por temblores de tierra. Ideas más peregrinas, como el cambio de posición del ecuador terrestre o la llegada de cometas, fueron asimismo descartadas.

Los dos últimos apartados de la Cuarta Parte de su *Geografía* los dedica a proporcionar una meticulosa explicación de la Antigua Historia de la Tierra. Kant reconoce la certeza (dentro de las concepciones de la época) de siete características del planeta: la forma esférica de la Tierra y la disposición general de los estratos evidencian su estado fluido original; todo estuvo alguna vez en el fondo del mar, y su elevación se produjo gradualmente y en sucesivos y alternativos procesos de gran duración; la altitud de las montañas es mayor cuanto más cercanas están al ecuador; bajo la corteza, incluyendo los fondos marinos, existen grandes cavidades⁵² que han provocado enormes y frecuentes hundimientos; el mar se retira o retrocede en las zonas donde los hundimientos son más profundos, dejando al descubierto grandes áreas de sedimentos secos; en las zonas tórridas se observan los mares más extensos, las montañas son más numerosas, así como las islas, debido a que en estas regiones los hundimientos son más frecuentes; la tierra firme que se ha hundido vuelve a emerger después de largos períodos de tiempo conforme el fondo del mar se desmorona dentro de las cavidades subyacentes (§. 78).

De todo lo anterior, Kant va a extraer las siguientes conclusiones: la Tierra inicialmente se encontraba en un caos líquido a partir del cual adquirió su forma esferoidal y comenzó a endurecerse, de afuera hacia adentro. Bajo la corteza existían masas de aire y de agua. El hundimiento de la corteza provocó que el agua cubriera toda la superficie del planeta. Con posterioridad, la zona superior se

52. Kant acepta aquí la teoría de la *Tierra hueca*, que tiene su origen, en un contexto científico, en las ideas del astrónomo británico Edmund Halley (1656-1742). Comparando las densidades relativas de la Luna y de la Tierra aportadas por Isaac Newton, Halley determinó que las variaciones seculares del campo magnético terrestre se debían a la existencia de diferentes esferas concéntricas que conformaban un planeta hueco; véase HALLEY, Edmond. «An account of the cause of the change of the variation of the magnetic needle; with an hypothesis of the structure of the internal parts of the Earth». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1692, 16, pp. 563-578 (read on 25 November 1691). También Newton expresaría estos conceptos de la Tierra hueca, aunque más en relación con las ideas de Nicolas Lémery sobre los fuegos subterráneos y los terremotos (nota 61); véase NEWTON. *Óptica*, 1704 (1977), Libro III, Parte I, *Cuest.* 31, p. 328.

elevó y las cavidades subyacentes aumentaron su tamaño, se hicieron más grandes en la región del ecuador, lo que se podría explicar fácilmente por las leyes que gobiernan el movimiento de rotación; esto originó depresiones o valles, tierras emergidas que anteriormente estaban en el fondo de los mares. Estos procesos duraron largos períodos de tiempo. Debido al aumento de las cavidades subterráneas, la corteza colapsó, y la expulsión de las masas de agua provocó el Diluvio Universal. Posteriormente, los fondos marinos se volvieron a hundir, y quedaron al descubierto zonas de tierra firme, proceso que se repitió periódicamente durante varios siglos (§. 79).

Existen, además, algunos aspectos del actualismo-uniformitarismo en Kant que tienen relación con una actitud que podríamos calificar de *espiritualista*. Son ideas que distan de la *Physische Geographie* algunas décadas, pero que favorecen un mejor entendimiento de su contribución como teórico de la Tierra. Se trata de su trabajo sobre el envejecimiento del planeta, de 1754⁵³. Kant estaba en contra de utilizar la secuencia de las generaciones humanas como medida de esta edad⁵⁴, tal y como habían hecho varios pensadores a lo largo de los siglos precedentes⁵⁵. Afirmaba, además, que la Tierra envejecía, como todas las cosas naturales, puesto que estaba sujeta a la misma ley que había provocado su origen y condicionaba *gradualmente* su deterioro. Este envejecimiento no se podía determinar a través de la salinidad de los mares, ni a la lixiviación de los continentes por los ríos y la lluvia, ni al retroceso de las costas. Para Kant el deterioro se debía al agotamiento gradual de un principio imperceptible y universalmente activo, el «espíritu del mundo», que disminuía la capacidad de regeneración de la naturaleza. Esta idea no se opondría, según el autor prusiano, a una *ciencia natural razonable*, puesto que este *Spiritus Rector* (como lo llamaban los *chemici*) era aceptado como un auténtico *Proteo* de la Naturaleza para los reinos animados (condicionando el origen y la forma, la estructura y la decadencia, de animales y plantas), e igualmente podía ser considerado para el reino de los materiales inertes, adoptando también todas las formas y todas las estructuras⁵⁶.

En 1756, como consecuencia de la gran catástrofe sísmica que había asolado Lisboa el 1 de noviembre de 1755, Kant publicó algunos trabajos en los que intentaba explicar el origen de los terremotos⁵⁷. En estos asume la existencia de grandes

53. KANT, Immanuel. «Die Frage, ob die Erde veralte, physikalisch erwogen» (1754). En *Kants Werke*. Berlín: Georg Reimer, 1910 (ed. 1969), tomo I, p. 198.

54. KANT. «Die Frage», 1754, p. 195.

55. El más conocido de estos cálculos fue efectuado por el arzobispo anglicano irlandés James Ussher (1581-1656), quien fechó la creación el 23 de octubre de 4004 a. C.; véase USSHER, James. *Anales Veteris Testamenti*. Londres: J. Flesher, vol. I, 1650, p. 1.

56. KANT. «Die Frage», 1754, pp. 211-212.

57. KANT, Immanuel. «Von den Ursachen der Erderschütterungen bei der Gelegenheit des Unglücks, welches die westlichen Länder von Europa gegen das Ende des vorigen Jahres getroffen hat». En *Kant's Werke*. Berlín: G. Reimer, 1756a (ed. 1910), tomo I, pp. 417-427. [Trad. castellana en:

cavidades bajo la corteza terrestre que ya hemos comentado en su *teoría*. Los terremotos, además, tenían una conexión natural con el hecho de que se propagaran siguiendo la dirección de las cavernas y laberintos subterráneos que a su vez era paralela a las cadenas montañosas y a los grandes ríos⁵⁸. Asimismo, aceptaba una relación causal con los terremotos de la teoría en boga en esa época, debida principalmente al francés Nicolas Lémery (1645-1715)⁵⁹, del desplazamiento de grandes masas de vapores ardientes o gases inflamables que se generaban a partir de fermentaciones minerales, especialmente de derivados del azufre y del hierro⁶⁰.

Por otro lado, tres décadas más tarde, en su contribución al origen de las montañas de la Luna (1785)⁶¹, también planteó interesantes ideas que enriquecen su teoría geológica. Para Kant, las irregularidades de la superficie lunar no eran debidas al volcanismo. Por comparación con la Tierra (ya que tanto el planeta como el satélite habían tenido un mismo origen tal como había planteado en su obra cosmogónica)⁶², las montañas de la Luna se habían originado por las mismas causas, a saber, por medio de erupciones de material gaseoso caótico que se fue consolidando conforme los cuerpos planetarios perdían calor.

El pensamiento kantiano en relación con la Tierra, sin duda, contribuyó a consolidar las ideas actualistas-uniformitaristas tanto de Hutton como de Lyell.

5. CONCLUSIONES

Los fundamentos básicos iniciales del principio de uniformidad habría que situarlos dentro del mecanicismo newtoniano que imperó a lo largo de toda la Ilustración. Así pensaban, y con esta metodología científica así actuaron, muchos

HERNÁNDEZ MARCOS, Maximiliano. «Un texto de Immanuel Kant sobre las causas de los terremotos (1756)». *Cuadernos Dieciochistas*, 2005, 6, pp. 215-224]; KANT, Immanuel. «Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle des Erdbebens, welches an dem Ende des 1755. Jahres einen grossen Theil der Erde erschüttert hat». En *Kant's Werke*. Berlín: G. Reimer, 1756b (ed. 1910), tomo I, pp. 429-461; KANT, Immanuel. «Fortgesetzte Betrachtung der seit einiger Zeit wahrgenommenen Erderschütterungen». En *Kant's Werke*. Berlín: G. Reimer, 1756c (ed. 1910), tomo I, pp. 463-472; véanse, además, REINHARDT, Oskar y OLDROYD, David R. «Kant's theory of earthquakes and volcanic action». *Annals of Science*, 1983, 40 (3), pp. 247-272; LARSEN, Svend E. «The Lisbon earthquake and the scientific turn in Kant's philosophy». *European Review*, 2006, 14 (3), pp. 359-367.

58. KANT. «Von den Ursachen», 1756a, p. 420.

59. LÉMERY, Nicolas. «Explication physique et chymique des Feux souterrains, des Tremblemens de Terre, des Ouragans, des Eclairs & du Tonnerre». En *Histoire de l'Académie Royale des Sciences, Année M. DCC, avec les Mémoires de Mathématiques et de Physique pour la même année*. París: Jean Boudot, 1700 (publicado en 1703), pp. 101-110.

60. KANT. «Von den Ursachen», 1756a, pp. 422-423; KANT. «Geschichte und Naturbeschreibung», 1756b, pp. 432-433.

61. KANT, Immanuel. «Über die Vulcane im Monde» (1785). En *Kants Werke*. Berlín-Leipzig: W. de Gruyter, 1923 (ed. 1969), tomo VIII, pp. 67-76.

62. KANT. *Allgemeine Naturgeschichte*, 1755/1946a, cap. 4, pp. 284-290/cap. 4, pp. 97-106.

naturalistas de este período. La filosofía natural y la cosmogonía de la época se incorporaban de esa forma a estas concepciones en el denominado «naturalismo científico», que se oponía a las interpretaciones físico-teológicas del mundo. En dicho naturalismo, la uniformidad de la naturaleza y la causalidad constituían una base metodológica totalmente independiente de la intervención sobrenatural en el mundo físico. Esto se deja entrever implícita o explícitamente en los autores que se han citado, y que dedicaron buena parte de sus obras a dilucidar una relación causal (e *incipientemente histórica*) entre los cambios que había sufrido la Tierra y los fenómenos naturales, con un presente siempre disponible para servir como explicación e interpretación de un pasado inobservable.

Se ha puesto de esta forma en evidencia la ausencia de originalidad en las ideas actualistas-uniformitaristas de Charles Lyell, así como de su antecesor James Hutton.

Immanuel Kant se integró, con su bagaje cultural y sus intereses particulares en el campo de la ciencia, al desarrollo de la geología a través de la geografía física bajo la forma de una Teoría de la Tierra, y ligada a su vez a sus concepciones cosmogónicas. Asumió, así, la universalidad de las leyes naturales, la metodología de las causas actuales y el gradualismo, como otros muchos autores a lo largo de todo el Siglo de las Luces.

Kant fue un mecanicista newtoniano, igual que su contemporáneo Hutton (como también lo sería Lyell). Elaboraron sus teorías de la Tierra sin referencias explícitas a sus obras, sobre la base del naturalismo científico, e independientemente de sus creencias religiosas. No debe sorprender, pues, que no aludieran en ningún momento de sus teorías geológicas a la intervención divina *directamente* para explicar los cambios que habían afectado a la Tierra: para ellos, implícitamente, *Dios se encontraba en sábado*. Tanto la causación kantiana como la huttoniana (en una manifiesta posición deísta, como hemos visto, para el prusiano en sus concepciones cosmogónicas, pero que no era tan clara para el escocés, que fue incluso acusado de ateísmo), *inicialmente* estuvieron sometidas a la voluntad de la Providencia, pero no necesitaban *recurrir a la hipótesis divina* en sus estudios geológicos. De esta misma forma procedieron también otros muchos seguidores de esta doctrina filosófica, entre ellos, y sin duda el ejemplo más notorio, Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) en los últimos años del siglo XVIII, al exponer su mecánica celeste y su sistema del mundo, deudora, a su vez, de la cosmogonía kantiana, y partidario además de la constancia de las leyes naturales.

Lyell, por otra parte, es, asimismo, deudor y heredero de toda esta corriente de pensamiento. Retomó, categórico, dogmático y radical, principalmente las ideas de Hutton, pero también, como se ha visto, las de Kant, y de toda una pléyade de naturalistas ilustrados que, en cierta medida, enriquecieron la teoría de las causas actuales y el gradualismo. Y no podía ser de otra forma en ese primer tercio del siglo XIX si quería asegurarse el *éxito* en el enfrentamiento de su geología tanto a los dictados de la Física Sagrada, basados en el literalismo bíblico y la tradición hexameral, como a la corriente catastrofista de orden racional. Lyell

triunfó, relegando las interpretaciones sobre la Tierra de los oscuros recovecos físico-teológicos, así como de otros paroxismos naturales. Pero su dogmatismo convirtió al actualismo-uniformitarismo en un obstáculo epistemológico equivalente a la doctrina que quería combatir. Esto último solo empezó a ser aceptado, y revisado, por la comunidad científica (geólogos, biólogos y astrónomos) avanzado ya el siglo XX.

Hay que resaltar, finalmente, que las concepciones actualistas, en sus postulados más básicos, siempre han sido inherentes a la racionalidad humana, lo que se pone de manifiesto una vez más en la riqueza y en la diversidad de las formas de ver, de pensar, de conocer y de explicar la realidad del mundo natural.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ADICKES, Erich. *Kants Ansichten über Geschichte und Bau der Erde*. Tübinga: J. C. B. Mohr, 1911.
- AGER, Derek. *The new catastrophism*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993 (ed. 1995).
- ALBRITTON, Claude C. Jr. (ed.). *Uniformity and Simplicity. A Symposium on the Principle of the Uniformity of Nature*. Geological Society of America, Special Paper n.º 86, 1967.
- ALLMON, Warren D. «Post-Gradualism». *Science*, 1993, 262 (5130), pp. 122-123.
- ÁLVAREZ MUÑOZ, Evaristo. *Filosofía de las ciencias de la tierra. El cierre categorial de la geología*. Oviedo: Pentalfa, 2004.
- AUSTIN, Steven A. «Uniformitarianism. A doctrine that needs rethinking». *The Compass of Sigma Gamma Epsilon*, 1979, 56, pp. 29-45.
- BAERE, Benoît de. «Figures et modèles de la catastrophe: de la théorie de la Terre à l'anthropologie». En MORAU, Isabelle (dir.). *Les Lumières en mouvement*. Lyon: ENS Éds., 2009, pp. 281-306.
- BAKER, Victor R. «Catastrophism and uniformitarianism: logical roots and current relevance in geology». En BLUNDELL, Derek J. y SCOTT, Andrew C. (eds.). *Lyell: The past is the key to the present*, 143, 1998, pp. 171-182. Geological Society of London, Special Publication.
- BERGGREN, William A. y COUVERING, John A. van (eds.). *Catastrophes and earth history. The new uniformitarianism*. Princeton: Princeton University Press, 1984.
- BLEI, Wolfgang. «Ist Immanuel Kant der geistige Vater der Huttonschen Theorie?». *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 1974, 2 (11), pp. 1333-1335.
- BOŠKOVIĆ, Rudjer J. *Theoria Philosophiae Naturalis/A Theory of Natural Philosophy*. Chicago-Londres: Open Court, 1763 (ed. latín-inglés/1922).
- BOULANGER, Nicolas A. *Anecdotes de la Nature*. (Inédito: MS 869, 1753, Muséum d'Histoire Naturelle, París).
- BOURGUET, Louis. «Mémoire sur la théorie de la terre». En *Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux*. Ámsterdam: F. L'Honore, 1729, pp. 177-220.
- BOURGUET, Louis. «Discours sur l'origine des pierres». En *Traité des pétrifications*. París: Briansson, 1742, pp. 1-52.

- BOYLAN, Patrick J. «Lyell and the dilemma of Quaternary glaciation». En BLUNDELL, Derek J. y SCOTT, Andrew C. (eds.). *Lyell, the past is the key to the present*, 143, 1998, pp. 145-159. Geological Society of London, Special Publications.
- BUFFON, Georges Louis Leclerc, conde de. *Second Discours: Histoire et Théorie de la Terre*. En *Histoire Naturelle, générale et particulière*. París: Imprimerie Royal, 1744, tomo I, pp. 65-124. [Trad. castellana: *Discurso Segundo: Historia y Teoría de la Tierra*. En *Obras completas de Buffon*. Madrid: F. de Paula Mellado, 1847, tomo I, pp. 51-100].
- BUFFON, Georges Louis Leclerc, conde de. *Histoire naturelle, générale et particulière: contenant Les époques de la Nature*. París: Imprimerie Royal, 1779 (supplément, tome neuvième), pp. 1-364. [Trad. castellana: *Las épocas de la Naturaleza*. Madrid: Alianza Ed., 1997].
- BÜTTNER, Manfred. «Kant und die Überwindung der physikotheologischen Betrachtung der geographischkosmologischen Fakten». *Erdkunde*, 1975, 29, pp. 162-166.
- BÜTTNER, Manfred. «Kant and the physico-theological consideration of the geographical facts». *Abhandlungen zur Geschichte der Geowissenschaften und Religionen/Umwelt-Forschung*, 1989, 3, pp. 82-92.
- CABEZAS OLMO, Encarnación. *La Tierra, un debate interminable*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2002.
- CAMARDI, Giovanni. «Charles Lyell and the principle of uniformity». *Biology and Philosophy*, 1999, 14 (4), pp. 537-560.
- CANON, Walter F. «The uniformitarian-catastrophist debate». *Isis*, 1960, 51 (1), pp. 38-55.
- COHEN, I. Bernard. *The Newtonian revolution, with illustrations of the transformation of scientific ideas*. Cambridge (NY): Cambridge University Press, 1980 [trad. castellana: *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Madrid: Alianza Ed., 1983].
- DESMAREST, Nicolas. *Dissertation sur l'ancienne jonction de l'Angleterre à la France*. Amiens: Godart, 1753.
- DESMAREST, Nicolas. «Anecdotes de la nature et de l'histoire de la terre». En *Encyclopédie Méthodique. Géographie physique*. París: H. Agasse, 1803, tomo II.
- ELENA, Alberto. «The imaginary Lyellian revolution». *Earth Sciences History*, 1988, 7 (2), pp. 126-133.
- ELLENBERGER, François. «A l'aube de la géologie moderne: Henri Gautier (1660-1737). I. Les antécédents historiques de la vie d'Henri Gautier». *Histoire et Nature*, 1975, 7, pp. 3-58; *Idem*, 1976-1977, 9-10, pp. 3-149.
- ELLENBERGER, François. *Histoire de la Géologie, Tome 2 (La grande éclosion et ses prémices, 1660-1810)*. París: Lavoisier, 1994.
- FATE, Victor Joseph di. «Arguing for uniformity: Rethinking Lyell's *Principles of Geology*». *Perspectives on Science*, 2011, 19 (2), pp. 136-153.
- FRITSCHER, Bernhard. «Kant und Werner. Zum Problem einer Geschichte der Natur und zum Verhältnis von Philosophie und Geologie um 1800». En BAUM, Manfred; DÖRFLINGER, Bernhard y KLEMM, Heiner F. (eds.). *Kant-Studien. Philosophische Zeitschrift der Kant-Gesellschaft*, 1992, 83 (4), pp. 417-435.
- GARCÍA CRUZ, Cándido M. «Aproximación a las sensibilidades históricas y Teorías de la Tierra: De la fe a la razón». *Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 2014, 37 (2), pp. 87-111.
- GAUTIER, Henri. *Nouvelles conjectures sur le globe de la Terre...* París: A. Cailleau, 1721.

- GEIKIE, Archibald. «The centenary of Hutton's "Theory of the Earth"». En *Landscape in history and other essays*. Londres: Macmillan, 1892 (ed. 1905), pp. 158-197.
- GEIKIE, Archibald. *The founders of Geology*. Londres: Macmillan, 1897 (2.ª ed./1905: Nueva York: Dover; reimp. 1962).
- GILLISPIE, Charles C. *Genesis and Geology*. Cambridge (MA): Harvard University Press, 1951 (ed. 1996).
- GIRAUD-SOULAVIE, Jean-Louis. *Histoire naturelle de la France méridionale*. París: Imprimerie de Belle, 1780.
- GOULD, Stephen J. «Is uniformitarianism necessary?». *American Journal of Science*, 1965, 263, pp. 223-228.
- GOULD, Stephen J. «Catastrophes and steady state Earth». *Natural History Magazine*, 1975, 84 (2), pp. 14-18 (reproducido como: «Uniformity and catastrophe». En *Ever since Darwin*. Nueva York: W. Norton, 1977, pp. 147-152; trad. castellana: «Uniformidad y catástrofe». En *Desde Darwin*. Barcelona: Crítica, 2010, pp. 163-169).
- GOULD, Stephen J. «Hutton's purposeful view». *Natural History*, 1982, 91 (5), pp. 6-12 [reproducido como: «Hutton's purpose». En *Hen's teeth and horse's toes*. Nueva York-Londres: W. W. Norton, 1994, cap. 6, pp. 79-93; trad. castellana: «El propósito de Hutton». En *Dientes de gallina, dedos de caballo*. Barcelona: Crítica, 1995, cap. 6, pp. 67-78].
- GOULD, Stephen J. «Towards the vindication of punctuational change». En BERGGREN, William A. y COVERING, John A. van (eds.). *Catastrophes and earth history. The new uniformitarianism*. Princeton: Princeton University Press, 1984, cap. 1, pp. 9-34.
- GOULD, Stephen J. *Times's arrow, time's cycle. Myth and metaphor in the discovery of geological time*. Cambridge (MA)-Londres: Harvard University Press, 1987.
- HALLAM, Anthony. *Grandes controversias geológicas*. Barcelona: Ed. Labor, 1983 (trad. castellana 1985).
- HALLEY, Edmond. «An account of the cause of the change of the variation of the magnetic needle; with an hypothesis of the structure of the internal parts of the Earth». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1692, 16, pp. 563-578.
- HAMPTON, John. *Nicolas-Antoine Boulanger et la science de son temps*. Ginebra: E. Droz, 1955.
- HOFF, Karl E. A. von. *Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche*. Gotha: Justus Perthes, 1822, tomo I.
- HOOKE, Robert. «Lectures and discourses of earthquakes, and subterraneous eruptions». En WALLER, Richard (ed.). *The posthumous works of Robert Hooke*. Londres: Smith & Walford, 1668-1700 (ed. 1705), pp. 277-450 [reproducido en DRAKE, Ellen T. *Restless genius. Robert Hooke and his earthly thoughts*. Nueva York: Oxford University Press, 1996, pp. 159-365].
- HOYKAAS, Reijer J. *Natural law and divine miracle: The principle of uniformity in geology, biology and theology*. Leiden: E. J. Brill, 1959 (2.ª ed. 1963).
- HOYKAAS, Reijer J. «Catastrophism in geology, its scientific character in relation to actualism and uniformitarianism». *Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*. Afd. Letterkunde, Nieuwe Reeks, 1971, 33 (7), pp. 271-316 [reproducido en ALBRITTON, Claude C., Jr. (ed.). *Philosophy of geohistory, 1785-1970*. Stroudsburg (PA): Dowden, Hutchinson & Ross, 1975, pp. 310-356, y HOYKAAS, Reijer J. . *Selected studies in history of science*. Coímbra: Universidade de Coímbra, 1983, pp. 505-577].

- HUTTON, James. *Abstract of a Dissertation read in the Royal Society of Edinburgh upon the Seventh of March, and Fourth of April MDCCLXXXV, concerning the System of the Earth, its Duration and Stability*. Edimburgo: Scottish Academic Press, 1785 (facsimile 1987).
- HUTTON, James. «Theory of the Earth, or an Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of land upon the Globe». *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 1788, 1 (2), pp. 209-304 [de esta obra y de la anterior existe trad. castellana en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2004, 12 (2), pp. 153-205].
- HUTTON, James. *Theory of the Earth, with proof and illustrations*. Londres-Edimburgo: Cadell Jr. & Davies-W. Crach, 1795, 2 vols. [facsimiles en Nueva York: Hafner (1959); Herts: Welson & Codicot (1959); Lehre: J. Cramer (1972). El cap. 1 del vol. I de esta edición de 1795 reproduce, con algunas modificaciones, la versión de 1788].
- HUTTON, James. *Theory of the Earth, with proof and illustrations* (póstuma). Londres: Geological Society, 1899, vol. III (ed. facsimile 1997) [esta obra está reproducida en DEAN, Dennis R. (ed.). *James Hutton in the field and in the study*. Delmar (NY): Scholars' Facsimiles and Reprints, 1997].
- KANT, Immanuel. «Die Frage, ob die Erde veralte, physikalich erwogen» (1754). En *Kants Werke*. Berlín: Georg Reimer, 1910 (ed. 1969), tomo I, pp. 193-214.
- KANT, Immanuel. *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755). En *Kants Werke*. Berlín: G. Reimer, 1910 (ed. 1969) (trads. castellanas: *Historia General de la Naturaleza y Teoría del Cielo*. Buenos Aires: Juárez Ed., 1946a; y en Buenos Aires: Ed. Lautaro, 1946b).
- KANT, Immanuel. «Von den Ursachen der Erdschütterungen bei der Gelegenheit des Unglücks, welches die westlichen Länder von Europa gegen das Ende des vorigen Jahres getroffen hat». En *Kant's Werke*. Berlín: G. Reimer, 1756a (ed. 1910), tomo I, pp. 417-427 [trad. castellana en HERNÁNDEZ MARCOS, Maximiliano. «Un texto de Immanuel Kant sobre las causas de los terremotos (1756)». *Cuadernos Dieciochistas*, 2005, 6 (6), pp. 215-224].
- KANT, Immanuel. «Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle des Erdbebens, welches an dem Ende des 1755. Jahres einen grossen Theil der Erde erschüttert hat». En *Kant's Werke*. Berlín: G. Reimer, 1756b (ed. 1910), tomo I, pp. 429-461.
- KANT, Immanuel. «Fortgesetzte Betrachtung der seit einiger Zeit wahrgenommenen Erdschütterungen». En *Kant's Werke*. Berlín: G. Reimer, 1756c (ed. 1910), tomo I, pp. 463-472.
- KANT, IMMANUEL. *Physische Geographie* [1802, manuscrito 1775]. En *Kants Werke*. Berlín-Leipzig: W. de Gruyter, 1923 (ed. 1968), tomo 9, pp. 151-436.
- KANT, Immanuel. *Prolegómenos a toda metafísica futura que pueda presentarse como ciencia*. Madrid: Itsmo, 1783 (trad. castellana 1999, ed. bilingüe).
- KANT, Immanuel. «Über die Vulcane im Monde» (1785). En *Kants Werke*. Berlín-Leipzig: W. de Gruyter, 1923 (ed. 1969), tomo VIII, pp. 67-76.
- KÖTTER, Rudolf. «Zur methodologischen Struktur des Aktualismusprinzips». *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 2001, 152, pp. 129-141.
- KOYRÉ, Alexandre. «Introducción». En COPÉRNICO, Nicolás. *Las revoluciones de las esferas celestes*. Libro Primero. Buenos Aires: EUDEBA, 1543 (trad. castellana 1965 de la ed. francesa 1934).
- KOYRÉ, Alexandre. *La révolution astronomique: Copernic, Kepler, Borelli*. París: Hermann, 1961.

- KRAVITZ, Gadi. «The thermodynamics time arrow and the logical function of the uniformity principle in geohistorical explanation». *Geological Society of America, Special Paper*, 2013, 502, pp. 19-40.
- KRAVITZ, Gadi. «The geohistorical time arrow: From Steno's stratigraphic principles to Boltzmann's past hypothesis». *Journal of Geoscience Education*, 2014, 62 (4), pp. 691-700.
- LARSEN, Svend E. «The Lisbon earthquake and the scientific turn in Kant's philosophy». *European Review*, 2006, 14 (3), pp. 359-367.
- LAUDAN, Rachel. «The role of methodology in Lyell's science». *Studies in History and Philosophy of Science*, Part A, 1982, 13 (3), pp. 215-249.
- LÉMERY, Nicolas. «Explication physique et chymique des Feux souterrains, des Tremblemens de Terre, des Ouragans, des Eclairs & du Tonnerre». En *Histoire de l'Académie Royale des Sciences, Année M. DCC, avec les Mémoires de Mathématiques et de Physique pour la même année*. París: Jean Boudot, 1700 (publicado en 1703), pp. 101-110 [trad. castellana en GARCÍA CRUZ, Cándido M. «Nicolas Lémery (1645-1715) y su teoría físico-química sobre diversos fenómenos de interés para las Ciencias de la Tierra». *Cuadernos Dieciochistas*, 2015, 16, pp. 311-337].
- LOMONOSOV, Mijail V. *On the strata of the earth* (1763). Geological Society of America, Special Paper, n.º 485, 41 pp. [trad. inglesa (2012) del original ruso *O sloiakh zemnykh*]. [Existe trad. alemana: *Über der Erdschichten* (1763). En NAUMANN, Friedrich (ed.). *Mikhail Vasil'evic Lomonosov. Schriften zur Geologie und zum Berg- und Hüttenwesen (1742-1765)*. Berlín-Boston: W. de Gruyter, 2017, 7. Zweite Beilage, pp. 225-318].
- LUC, Jean A. de. *Lettres physiques et morales sur l'histoire naturelle de la terre et de l'homme*. La Haye: De Tune, 1779 [1780].
- LUC, Jean A. de. «Preliminary discourse on Geology». En *An elementary treatise of geology*. Londres: F. C. & J. Rivington, 1809 (trad. del manuscrito francés), pp. 1-64.
- LYELL, Charles. *Principles of geology*. Chicago (IL): Chicago University Press, 1830-1833 (fac-símile 1990), 3 vols.
- LYELL, Charles. «To Roderick Murchison, Esq., Naples: January 15, 1829». En LYELL, Katharine M. (ed.). *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart.* Londres: J. Murray, 1881 (fac-símile en Nueva York: Cambridge University Press, 2010).
- MAILLET, Benoît de. *Telliamed, ou Entretien d'un philosophe indien avec un missionnaire français sur la diminution de la mer...* La Haya: Pierre Gosse Jr., 1748 (nouv. ed. 1755), 2 tomos.
- MILL, John Stuart. *System of Logic, Ratiocinative and Inductive*. Londres: Logmans-Green, 1843 (ed. 1949) [existe trad. castellana ya clásica: *Resumen de Lógica* [Libros I-VI]. París-México: Librería de la Vda. de Ch. Bouret, 1897].
- NEWTON, Isaac. *Óptica, o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid: Alaguara, 1704 (trad. castellana 1977 de la 4.ª ed. inglesa 1730).
- NEWTON, Isaac. *Sobre el Sistema del Mundo* (obra póstuma). En *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*. Madrid: Alianza Ed., 1728 (trad. castellana 1987), vol. 2.
- OKA, Yoshiki. «A historical view of uniformitarianism. Change, misconceptions, and the modern meaning». *Geographical Review of Japan*, 1995, 68 (8), pp. 527-549.
- PLAYFAIR, John. *Illustrations of the Huttonian theory of the earth*. Nueva York: Dover, 1802 (fac-símile, 1964).
- PRÉVOST, Constant. «De la formation des terrains des environs de Paris (première partie)». *Nouveau Bulletin des Sciences (par la Société Philomatique de Paris)*, 1825, pp. 74-77.

- RAMPINO, Michael R. *Cataclysms: a new geology for the twenty-first century*. Nueva York: Columbia University Press, 2017a, 224 pp.
- RAMPINO, Michael R. «Reexamining Lyell's Laws». *American Scientist*, 2017b, 105, pp. 224-231 [trad. castellana: «Las leyes de Lyell, a examen». *Investigación y Ciencia*, 2018, 505 (octubre), pp. 60-67].
- REINHARDT, Olaf. «Immanuel Kant's lectures on geography. A brief outline of its origin, transition, and development: 1754-1805». En ELDEN, Stuart y MENDIETA, Eduardo (eds.). *Reading Kant's geography*. Albany (NY): State University of New York Press, 2011, pp. 69-86.
- REINHARDT, Olaf y OLDROYD, David R. «Kant's thoughts on the ageing of the earth». *Annals of Science*, 1982, 39 (4), pp. 349-369.
- REINHARDT, Oskar y OLDROYD, David R. «Kant's theory of earthquakes and volcanic action». *Annals of Science*, 1983, 40 (3), pp. 247-272.
- REINHARDT, Olaf y OLDROYD, David R. «By analogy with the heavens: Kant's theory of the earth». *Annals of Science*, 1984, 41 (3), pp. 204-221.
- ROGER, Jacques. «Un manuscrit inédit perdu et retrouvé: *Les anecdotes de la nature*, de Nicolas Antoine Boulanger». *Revue des Sciences Humaines*, 1953, vol. 71 (juillet-septembre), pp. 231-254 (reimpreso en *Pour une histoire des sciences à part entière*. París: Albin Michel, 1995, pp. 313-344).
- ROMANO, Marco. «Reviewing the term uniformitarianism in modern Earth sciences». *Earth-Sciences Review*, 2015, 148, pp. 65-76.
- RUDWICK, Martin J. S. «The strategy of Lyell's *Principles of geology*». *Isis*, 1970, 61, pp. 4-33.
- RUDWICK, Martin J. S. *The meaning of fossils. Episodes in the history of palaeontology*. Chicago: Chicago University Press, 1972 (2.^a ed. 1985).
- RUDWICK, Martin J. S. «Introduction». En LYELL, Charles. *Principles*, 1830 (ed. 1990), vol. I, pp. vii-iv.
- RUDWICK, Martin J. S. «Lyell and the *Principles of Geology*». En BLUNDELL, Derek J. y SCOTT, Andrew C. (eds.). *Lyell, the past is the key to the present*, 1998, n.º 143, pp. 1-15. Geological Society, London, Special Publications.
- RUDWICK, Martin J. S. *Bursting the limits of time: The reconstruction of geobistory in the Age of Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- RUDWICK, Martin J. S. *Worlds before Adam: The reconstruction of geobistory in the Age of Reform*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- SAINTE-CLAIRE DEVILLE, Charles J. *Coup-d'œil historique sur la géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont*. París: Masson Éd., 1878.
- ŞENGÖR, A. M. Celal. *Is the present the key to the past or the past the key to the present? James Hutton and Adam Smith versus Abraham Gottlob Werner and Karl Marx in interpreting history*. Geological Society of America, Special Paper, 2001, 355, pp. 1-51.
- SHEA, James H. «Twelve fallacies of uniformitarianism». *Geology*, 1982, 10 (9), pp. 455-460.
- SIMPSON, George G. «Uniformitarianism: an inquiry into principle, theory, and method in geohistory and biohistory». En HECHT, Max K. y STEERE, William C. (eds.). *Essay in Evolution and Genetics*. Nueva York: Appleton-Century-Crofts, 1970, pp. 43-96 [reproducido en ALBRITTON, Claude C., Jr. (ed.). *Philosophy of geobistory, 1785-1970*. Stroudsburg (PA): Dowden, Hutchinson & Ross, 1975, pp. 256-309].
- STEEL, Duncan I. «The limitations of NEO-Uniformitarianism». *Earth, Moon, and Planets*, 1996, 72 (1-3), pp. 279-292.

- STENO, Nicolaus. *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florencia: Typographia sub signo Stellae, 1669 [trad. castellana de Leandro Sequeiros en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2002, 10 (3), pp. 243-283].
- SUMMERHAYES, Colin. *Earth's climate evolution*. Oxford: John Wiley, 2015.
- TELESIO, Bernardino. *De Rerum Natura iuxta propria principia, Liber Primus, & Secundus, denuò editi*. Neapoli: Iosephum Cacchium, 1570 [trad. castellana: *La naturaleza según sus propios principios. (Libros primero y segundo nuevamente editados)*. Madrid: Tecnos, 2013].
- TOULMIN, George H. *Antiquity and duration of the world*. Londres: Cadell, 1780.
- USSHER, James. *Anales Veteris Testamenti*. Londres: J. Flesher, 1650.
- VALLISNERI, Antonio. *De' corpi marini che su' monti si trovano, della loro origine, e dello estado del mondo davanti il diluvio, nel diluvio e dopo il diluvio*. Venecia: D. Lovisa, 1721.
- VICO, Giambattista. *Principi di Scienza Nuova*. Nápoles: Stamperia Muziana, 1725 (3.^a ed. 1744) [trad. castellana: *Ciencia nueva*. Madrid: Tecnos, 1995 (de la 3.^a ed. italiana 1744)].
- WHEWELL, William. «Review of volume 2 of Lyell's *Principles of Geology*». *The Quarterly Review*, 1832, 47 (art. IV), pp. 103-132.

