

DE LA TIERRA SIN HISTORIA A LA HISTORIA DE LA TIERRA. EL USO DE LA EVIDENCIA GEOLÓGICA EN LA ELABORACIÓN Y EL DESARROLLO DE ESCALAS DE TIEMPO NATURALIZADAS DURANTE LOS SIGLOS XVII Y XVIII

From the earth without history to the history of the earth. The use of geological evidence in the elaboration and development of naturalized time scales during the 17th and 18th centuries

Carlo Del Razo Canuto

ORCID: 0000-0001-9591-6772

Escuela de Antropología e Historia del Norte de México

RESUMEN: El presente artículo es un análisis histórico-filosófico acerca de cómo se fueron desarrollando las principales ideas conceptuales, epistemológicas, metodológicas, así como los recursos cognitivos que permitieron plantear por primera vez en la ciencia moderna que la Tierra tenía una historia propia e independiente a la historia humana. Mi argumento es que el estudio de los fósiles y el de los estratos geológicos llevaron a la formulación de nuevas e inéditas ideas acerca de los procesos de transformación geológica y de fosilización en los siglos XVII y XVIII. La investigación de este segmento del mundo natural fue el antecedente que permitió establecer las primeras condiciones de posibilidad para que en el siglo XIX se aceptara que la edad de la Tierra era más antigua que el cálculo basado en las cronologías bíblicas, lo cual representó un nuevo problema métrico para las nacientes ciencias históricas, como la geología, la paleontología, la arqueología y la biología evolutiva: ¿Cuál es la edad de la Tierra y cómo podemos calcularla? Las preguntas esbozadas aquí son acerca del rol, la representación, la evaluación y las limitaciones epistémicas de las escalas de tiempo naturalizadas y su relación con la noción filosófica de progreso cognitivo de la medición científica.

PALABRAS CLAVE: Escalas de tiempo naturalizadas, medición científica, ciencias históricas, fósiles, estratigrafía.

ABSTRACT: This article is a historical-philosophical analysis about how the main conceptual, epistemological and methodological ideas developed, as well as the cognitive resources that allowed us to propose for the first time in modern science that the Earth had its own and independent history to human history. My argument is that the study of fossils and geological strata led to the formulation of new and unpublished ideas about the processes of geological transformation and fossilization in the seventeenth and eighteenth centuries. The investigation of this segment of the natural world was the antecedent that allowed to establish the first conditions of possibility so that in the XIX century it was accepted that the age of Earth is older than the calculation based on biblical chronologies, which represented a new problem metric for nascent historical sciences such as geology, paleontology, archeology, and evolutionary biology: What is the age of the Earth and how can we calculate it? The questions outlined here are about the role, representation, evaluation, and epistemic limitations of naturalized timescales and their relationship to the philosophical notion of cognitive progress in scientific measurement.

KEYWORDS: Naturalized time scales, scientific measurement, historical sciences, fossils, stratigraphy.

*A la memoria de José, Marcial
y Alejandro Canuto (+)*

Fecha de recepción:
8 de octubre de 2020

Fecha de aceptación:
25 de enero de 2021

Licenciado en arqueología, graduado de la Escuela Nacional de Antropología e Historia. Tiene el grado de Maestría en Humanidades por la Universidad Autónoma Metropolitana y el de Doctorado en Filosofía por la Universidad de Guanajuato.

Actualmente es profesor investigador de tiempo completo en la Escuela de Antropología e Historia del Norte de México, y asesor independiente. Sus líneas de investigación en arqueología se relacionan con la evolución, la cognición y la prehistoria del noreste de México. También se ha desempeñado como investigador en el área de historia y filosofía de la ciencia, específicamente sobre temas relacionados con el rol de los distintos tipos de razonamiento probatorio, tales como la inducción, la abducción, la inferencia a la mejor explicación y el razonamiento analógico en ciencias históricas; así como la historia cognitiva de la medición científica en las ciencias históricas.

Contacto: carlozman@hotmail.com

“El número de años desde el comienzo del mundo hasta nuestro tiempo no puede ser conocido, ni descubierto de ninguna manera, sin la revelación divina”

PETAVIUS, De doctrina temporum, l. 9. c. 2.

INTRODUCCIÓN

La medición del tiempo es la base para la indagación de casi todos los fenómenos históricos. En las investigaciones históricas, los sistemas de registro nos proporcionan datos —con frecuencia fragmentados— sobre eventos y procesos acontecidos en el pasado; la formulación de hipótesis nos permite hacer explicaciones causales con base en la evidencia disponible; y la cronología nos proporciona un sistema para medir y representar los eventos en el tiempo. Dentro de los procedimientos más importantes de la investigación histórica, podemos decir que la cronología es fundamental porque se relaciona estrechamente con el establecimiento de fechamientos y periodizaciones. Esto se debe a que los fenómenos históricos tienen intrínsecamente una duración determinada, de tal modo que cualquier sucesión concatenada de eventos puede ser fechada dentro de una escala temporal. En principio, los procedimientos de medición implican la modelización de escalas de tiempo que son útiles para calcular la duración de los procesos, para representar en ellas los eventos históricos en una línea continua de tiempo, y para hacer inferencias justificadas sobre cualquier secuencia temporal de acontecimientos. Sin embargo, lo más importante es que las cronologías no sólo son la base para reconstruir procesos y eventos históricos, sino también, su modelización nos proporciona una luz acerca de los procedimientos y recursos que los humanos hemos desarrollado históricamente para pensar el tiempo.

Durante el periodo que abarca la Antigüedad Tardía hasta mediados del siglo XIX los estudios cronológicos basados en los textos bíblicos daban por hecho que para calcular la antigüedad del mundo bastaba saber cuántos años tenía la humanidad en ella. Esta concepción creacionista comenzó a ser socavada en los siglos XVII y XVIII con el paulatino reemplazo de la información documental por evidencia que provenía de la naturaleza. La sustitución inició cuando el estudio de los fósiles y de lo que actualmente conocemos como estratos geológicos permitió formular una idea distinta a las creencias bíblicas populares: que la Tierra tenía una historia más antigua e independiente de la historia humana. Este cambio de concepción podría suponer, metafóricamente, el inicio de una “vuelta de tuerca”, que no sólo comienza a resquebrajar la autoridad epistémica otorgada a los documentos bíblicos respecto a la edad de la Tierra, sino que, además, va a generar nuevos e inéditos principios físicos no aristotélicos, como la idea de que en algunos objetos de la naturaleza se llevan a cabo procesos de transformación de larga duración y a distintas escalas temporales.

El presente artículo es un análisis histórico-filosófico acerca de cómo y por qué durante el siglo XVII, y principios del XVIII, se comenzaron a minar los pilares del conocimiento cronológico por medio de los cuales

tradicionalmente se calculaba la edad del mundo. El estudio muestra que dicho socavamiento se debió principalmente a un cambio metodológico que consistió en estudiar por primera vez la historia de la Tierra a través de los objetos naturales y no por medio de los documentos. Lo que me interesa exponer es el génesis de cómo creció el conocimiento cronológico naturalizado, cuáles fueron las prácticas de medición que lo generaron, bajo qué recursos epistemológicos y metodológicos fue apoyado, y en torno a qué criterios cognitivos fue progresivo. El carácter histórico en la investigación está enfocado en mostrar cuáles fueron las ideas, las prácticas y los métodos empleados para medir la antigüedad de la humanidad y de la Tierra por medio del establecimiento de escalas de tiempo naturalizadas. Los aspectos con mayor énfasis en el texto se refieren a los supuestos ontológicos, y su estrecha relación con dos tipos diferentes de evidencia: a) la documental, que corresponde principalmente a los datos procedentes de los textos bíblicos, textos históricos, así como datos que los cronólogos bíblicos obtuvieron de los calendarios astronómicos y civiles; y b) la física o evidencia observada directamente de la naturaleza, en este caso, datos procedentes del registro fósil y geológico. Sobre el carácter filosófico, el énfasis principal está conectado con la explicación de tres elementos interrelacionados que constituyen el conocimiento cronológico utilizado para calcular la edad de la humanidad y la Tierra, a saber: criterios epistemológicos, metodológicos y cognitivos.

Lo destacable de esta investigación se sustenta en el hecho de que, en los estudios de la historia temprana de las ciencias históricas como la geología, así como en las investigaciones hechas desde la filosofía de la ciencia, no han puesto la suficiente atención en el rol que ha tenido la medición científica, específicamente la medición del tiempo, en su consolidación como ciencias. A diferencia de otras investigaciones históricas, o filosóficas, que apoyan la concepción de que el progreso cognitivo se identifica con los cambios de teorías (Kuhn),¹ con el progreso teórico y empírico (Laudan),² o bien con las nociones de progreso conceptual y explicativo

(Kitcher),³ lo que aquí expongo es una genealogía de las prácticas, métodos, criterios epistemológicos, así como los aspectos cognitivos que se fueron implementando y superando en las distintas cronologías que intentaron establecer la antigüedad del mundo, y con ello, la capacidad de conocer de manera relativa o absoluta qué eventos naturales son anteriores a otros y cuáles son posteriores. Sobre decir que, sin este conocimiento, las ciencias históricas no podrían reconstruir ordenadamente los eventos o procesos históricos, ni mucho menos hacer explicaciones causales. Por lo tanto, con este texto se pretende mostrar lo relevante que ha sido la reconstrucción de características cognitivas involucradas en el desarrollo de sistemas de creencias consideradas como conocimiento científico.

EL ESTABLECIMIENTO DE ESCALAS DE TIEMPO ABSOLUTO EN EL SIGLO XVII

En los estudios de cronología bíblica, los principios físicos representaron un conjunto de ideas referentes a las propiedades que tenía la naturaleza del tiempo, cada uno de estos principios tuvieron diferentes grados de certeza y estuvieron apoyados por diferentes tipos de evidencia. Hay tres elementos claves que dan luz acerca de estos principios dentro de la tradición de cronologías bíblicas: 1) en el primer capítulo del Génesis se afirma que Adán —el “primer hombre”— se había formado después de cinco días de incansable creación por la mano de Dios, 2) se acepta que la Tierra siempre ha sido un mundo humano; es decir, que tal como es, es tal y como fue creada, por lo tanto, no tiene historia geológica. Pero, un rasgo epistemológicamente importante es: 3) dentro de la tradición se dio por sentado que el Génesis era el relato histórico más antiguo, y el único verdadero que hablaba de los primeros orígenes del mundo.

La noción del tiempo sobre la que se estructuran los libros del Antiguo y Nuevo Testamento es una historia lineal y unidireccional. Es decir, utilizando la metáfora de Stephen J. Gould sobre la “flecha del

¹ Kuhn, *Estructura*, 2006.

² Laudan, *Progress*, 1977.

³ Kitcher, *Advancement*, 1993.

tiempo”: “cada momento ocupa una posición específica en una serie temporal, y todos los momentos, considerados en la secuencia adecuada, determinan una sucesión de eventos enlazados que se mueven en una dirección”.⁴ Esta idea dentro de la historia judeocristiana da por hecho la existencia de un marco temporal irreversible y delimitado por un principio y un final donde existen sucesiones de acontecimientos irrepetibles y únicos.⁵ En el pensamiento de los cronólogos bíblicos, esta concepción implicó la creencia de que la naturaleza del tiempo es la que dota de una estructura rígida y determinada a los eventos, lo cual permite saber cuáles son anteriores, contemporáneos, o posteriores a otros. Entonces, la noción de estructura rígida debe ser entendida dentro de la tradición de cronologías bíblicas como el conjunto de relaciones temporales establecidas entre eventos, donde cada uno de ellos queda ubicado dentro de una escala temporal sin la posibilidad de ser desplazable; no ser desplazable es una característica intrínseca de un evento en el tiempo.

Al quedar establecido como principio físico que el tiempo es lineal y unidireccional, las inferencias hacia el pasado cognitivamente requirieron asentarse sobre una escala temporal fija e inmutable desde los primeros tiempos y a lo largo de la historia judeocristiana. Esta escala que subyace a las cronologías bíblicas podemos denominarla: *Escala temporal epistémica elaborada por medio de documentos*. Cada uno de sus valores métricos se establecieron mediante el desarrollo y corrección de genealogías basadas en el Génesis y posteriormente en el Nuevo Testamento. El Génesis proporcionó los primeros datos sobre Adán y nueve de sus descendientes del linaje de Seth, incluyendo las cifras para la edad de cada patriarca hebreo cuando engendró a su primogénito hasta el Diluvio narrado por Noé.⁶ El Nuevo Testamento proporcionó una visión escatológica impuesta por la idea del Juicio Final, lo que significaría el Fin de los Tiempos.⁷

En los siglos XVI y XVII se fueron desarrollando una serie de prácticas de medición destinadas a establecer una escala de tiempo que permitiría no sólo calcular el momento preciso de La Creación, sino también fechar de manera absoluta cualquier evento histórico registrado en documentos por medio del desarrollo y sofisticación de tres artilugios: el uso de genealogías, de documentos históricos y de distintos calendarios civiles y astronómicos. El desarrollo de los tres artilugios fueron procedimientos estrechamente relacionados desde sus inicios y su dinámica de crecimiento iterativo fue gradual.⁸ Existen dos importantes desarrollos intelectuales que contribuyeron a la elaboración de una escala de tiempo absoluta, las propuestas por Scaliger y Ussher. El trabajo de Joseph-Juste Scaliger (1540-1609), *De emendatione Temporum*, de 1583, y *Thesaurus Temporum*, de 1606, donde por primera vez se calcula la fecha de los eventos históricos de manera absoluta; y los *Annales veteris testamenti, a prima mundi origine deducti* (1650) de James Ussher (1581-1656), donde el obispo estableció que la fecha de La Creación fue la tarde del domingo 23 de octubre del año 4004 a. C. Los siglos XVI y XVII fueron testigos de una nueva metodología filológica que empleó técnicas críticas para evaluar la fiabilidad de las fuentes documentales antiguas. Además, se desarrolló un nuevo sistema de fechamientos basado en las observaciones astronómicas más precisas de su tiempo, que hicieron posible integrar eventos de diferentes sistemas cronológicos en un sólo sistema: el calendario juliano.

Dado que los principales acontecimientos de la historia judeocristina estuvieron conectados por medio de las sucesiones de sus patriarcas, la regla metodológica para fechar los eventos fue a través de una escala cardinal elaborada por medio de genealogías. Bajo la lógica de “quién engendró a quién y cuándo”, el procedimiento se basó en la búsqueda sistemática de los principales patriarcas con el objeto de estudiar su parentesco y finalmente reconstruir su genealogía. La existencia de relaciones genealógicas no sólo fue capaz de mostrar quién era el antecesor común, sino también el grado de cercanía tempo-

⁴ Gould, *Flecha*, 1987, p. 29.

⁵ Richet, *Natural*, 2007, p. 29.

⁶ Nothaft, “Noah’s”, 2011, p. 191.

⁷ Véase: Barr, “Why”, 1984; Barr, “Pre-Scientific”, 1999; Wilcox, *Measure*, 1987, y Wallraff, *Iulius*, 2007.

⁸ Véase: Del Razo, “Análisis”, 2019, pp. 231-267.

ral que existía entre cada miembro de la genealogía. Los valores obtenidos eran computados por medio de una operación aritmética simple, como la suma, y luego eran comparados con algunas fechas disponibles registradas en otros documentos históricos.

La calibración y el establecimiento de los valores de la escala epistémica dependió en gran medida de la comparación de los datos computables con otros datos provenientes de cronologías no bíblicas, principalmente aquellas establecidas por medio de calendarios astronómicos y civiles. Este procedimiento permitió correlacionar las fechas de los eventos importantes narrados en la Biblia con otros eventos registrados dentro de los calendarios egipcio, persa, griego, caldeo y romano. La sincronización en las cronologías bíblicas fue una regla metodológica que les permitió ajustar valores cruzados entre distintas cronologías. Por medio de este procedimiento se establecieron dos cosas importantes: la primera de ellas es que se puede fechar de manera absoluta uno o más eventos registrados en dos o más líneas cronológicas. Esto se debe a que la sincronización permite calibrar fechas entre distintas líneas cronológicas mediante el cotejamiento con calendarios astronómicos y civiles. La segunda es que la sincronización va a establecer una idea de solidez documental, es decir, que los valores obtenidos de la comparación y sincronización serán menos invariantes.

Las tablas cronológicas fueron elaboradas mediante columnas verticales en las cuales se enlistaban datos como los nombres de los reyes y sus dinastías, algunos eventos importantes y sus fechas calculadas por medio de calendarios astronómicos y civiles. En estas columnas se iban incorporando fechas ordenadas, primero lo más antiguo después lo más reciente. Este ingenioso recurso de sincronización permitió trazar líneas horizontales entre columnas que tuvieran un evento fechado el mismo año; la simultaneidad de dos o más sucesos permitía establecer valores mucho más precisos para así ajustar el resto de las tablas. Este método para fechar los acontecimientos del pasado prevaleció durante muchos siglos en la tradición de cronólogos bíblicos. El formato tabular, como fue concebido, obligaba a cualquier historiador que deseara escribir historia antigua a ser preciso con cualquier dato que se integrara a las tablas, ya que de ello dependían las subsecuentes sincronizaciones y el evitar errores temporales.

La revisión de los valores dentro de las cronologías no se debió exclusivamente al descubrimiento del Nuevo Mundo y el contacto renovado con el Oriente, sino al hallazgo de nuevas fuentes bíblicas y al desarrollo de una nueva astronomía no aristotélica. De acuerdo con James Barr, hasta el siglo XVII, la Biblia seguía siendo el libro que proporcionaba una secuencia cronológica bastante clara desde La Creación y de toda la historia posterior. Pero había tres principales problemas métricos. El primero de ellos es que dentro de la misma Biblia había dos o más referencias cronológicas de un mismo evento con fechas diferentes. El segundo es que para el siglo XVII ya existían tres tradiciones textuales de la Biblia que diferían por periodos de tiempo bastante largos, especialmente desde Adán hasta Noé, y desde Noé hasta Abraham. El tercer problema se debió a que en cierto sentido no puede haber una cronología bíblica sin salir de la Biblia. Barr menciona que la cronología hebrea al final se desvanece: funciona bastante bien desde La Creación hasta el final de los reinos hebreos, pero después de eso tiene sólo vagos consejos; y sobre el imperio persa, aunque menciona varios de sus emperadores, nadie puede asegurar sólo a partir de la Biblia cuántos reyes persas hubo o cuánto tiempo existió el Imperio Persa.⁹

EL GÉNESIS DE LAS ESCALAS DE TIEMPO NATURALIZADAS

Los siglos XVII y XVIII constituyen un periodo clave para entender el origen de la problemática planteada en el siglo XIX sobre la posibilidad de una prehistoria humana y de un tiempo profundo geológico. Marca una etapa en la que se acepta de manera casi unánime el cálculo de aproximadamente 6 000 años para la edad de la Tierra en varios espacios de la vida académica europea; pero sobre todo, es un periodo donde poco a poco surgen respuestas críticas que irán mermando la tradición de cronologías bíblicas y los principios físicos basados en el creacionismo que la sostienen. En el medio eclesiástico, muchos estudiosos de la Biblia se habían percatado de que, dependiendo

⁹ Barr, "Pre-Scientific", 1999, p. 382.

de la tradición textual sobre la que se elaboraban los cálculos —tradición hebrea, griega o samaritana—, las cronologías diferían unas de otras hasta por 2 000 años. Un número importante de eruditos comenzaron a plantearse si Adán fue realmente el primer ser humano o simplemente el primer hombre descrito en la Biblia; o bien, si existía la posibilidad de que personajes como Matusalén tuvieran existencias tan longevas como lo dicen las Sagradas Escrituras. Estas preguntas ponían en duda el supuesto de que las Sagradas Escrituras podrían revelar correcta y fielmente la historia de nuestro mundo, y específicamente la antigüedad de la humanidad. En este escenario se cuestiona si el Génesis o cualquier otro libro que hable del origen de la Tierra aporta datos firmes sobre la naturaleza de los procesos físicos mediante los cuales se podía haber creado el universo.

Aunque existían estas anomalías métricas, la escala de tiempo de 6 000 años establecida por Scalliger y Ussher continuaba siendo un criterio fijo para medir la edad de la Tierra, la mayoría de los eruditos y la gente común del siglo XVII no tenían ninguna buena razón para dudar de ella. En un esquema general, se aceptaba que las causas divinas como el Diluvio Universal eran las causantes de todos los fenómenos naturales, por ello muchas de las teorías acerca de la Tierra tomaban como verdaderos los principios físicos postulados por la tradición eclesiástica. Como veremos en este siglo, la evidencia física comienza a integrarse como uno de los elementos más importantes que dieron inicialmente apoyo empírico a las explicaciones basadas en los principios tradicionales. Sin embargo, en el primer tercio del siglo XVIII, nuevas investigaciones comenzaron a recabar información con base en la misma evidencia física —principalmente astronómica, geológica y mineralógica— que llevó a replantearse si los principios físicos que se sostienen en La Biblia acerca del origen de la Tierra eran correctos.

Antes de entrar de lleno a la descripción del proceso que llevó a la naturalización de las escalas de tiempo, es decir, escalas elaboradas por medio de información proveniente de los objetos de la naturaleza, debemos considerar que, desde finales del siglo XVI, la recolección de rocas y minerales fue una de las principales actividades destinada a la elaboración de tipologías con sus respectivos catálogos. Esta forma

de clasificar permitió inicialmente inventariar aquellos objetos que serían posteriormente estudiados por las disciplinas históricas establecidas durante el siglo XVIII: la zoología, la botánica, la mineralogía y la geología. En esta nueva etapa que abarca casi todo el siglo XVIII, y parte del XIX, una característica relevante es que la evidencia física comenzó a ser interpretada históricamente; la explicación de lo que pudo haber sucedido con la Tierra en el transcurso del tiempo, el cómo pasó y el cuándo, resultó ser más significativo que simplemente tratar de medir la magnitud total del tiempo de La Creación.

Tres hipótesis acerca del origen y crecimiento de las rocas "fósiles"

La inferencia de cosas no observadas por medio de la analogía, es decir, a partir de características similares entre rocas y organismos, fue la base para postular tres posibles hipótesis acerca del origen de los fósiles. La primera de ellas afirmaba que el origen de los fósiles era inorgánico; la segunda, que el origen de los fósiles era orgánico, pero esta hipótesis estaba restringida exclusivamente a la existencia del Diluvio Universal narrado en el Antiguo Testamento; y la tercera, explicaba que el origen de los fósiles eran organismos vivos que se petrificaron por medio de distintos tipos de procesos de transformación geológica en un lapso considerable. A diferencia de lo que describen las historias tradicionales de la paleontología, nos dice Gould —refiriéndose al hecho de que la historia de la ciencia tradicional usualmente sostiene una interpretación que favorece la idea de progreso al mencionar que dichas hipótesis históricamente se fueron reemplazando— estas tres hipótesis convivieron y fueron aceptadas durante un largo periodo que abarca casi todo el siglo XVII y parte del XVIII.¹⁰

La primera hipótesis explicaba el crecimiento de las rocas fósiles por medio de una analogía estableciendo una relación con el crecimiento de los seres vivos. Se aceptaba la creencia popular de que las rocas crecían, se multiplicaban, e inclusive algunas

¹⁰ Gould, "Father", 2004, pp. 207-238.

de ellas mostraban su “sexualidad” o género. Esto no quería decir que las rocas fueran organismos vivos, ni mucho menos que fueran organismos petrificados en el sentido de la hipótesis tres, como veremos más adelante. Para los naturalistas aristotélicos era común establecer analogías entre las rocas exóticas con algunas cualidades propias del reino animal y vegetal, incluso se llegó a sostener que la semejanza entre ellos era una prueba de que el cosmos era un lugar armónico.¹¹

La hipótesis primera fue un derivado de la teoría de la generación espontánea, sostenida desde Aristóteles, que explicaba cómo el más simple de los organismos podría aparecer inesperadamente de la base de la materia inanimada. En el caso de los fósiles, una de las creencias comunes es que estos especímenes no tenían un origen orgánico, sino que representaban lo que se llamaba *lusus naturae*, o juegos de la naturaleza; es decir, la gente de la época creía en la existencia de una fuerza, una *vis plastica*, capaz de dar forma no sólo a los seres vivos y a los minerales, sino también al *lusus naturae*, dentro de las profundidades de la tierra. Como lo señala Pascal Richet, dentro de las creencias populares se aceptaba la idea de que la *vis plastica* era la causa intrínseca que modelaba las rocas, además de apoyar empíricamente el origen orgánico del mundo. Sissingh nos muestra que, al no haber un consenso sobre su origen, la fuerza plástica latente en el suelo dio pauta a la postulación de fuerzas incomprensibles que las personas comunes no podían controlar y, sin embargo, por medio de conjuros astrales podía fertilizar el suelo y las rocas a través de un *aura vitalis* o bien *vis formativa*.¹² Un punto importante es que la invocación de tal fuerza también evitó con elegancia muchas cuestiones espinosas para la institución eclesiástica; el modo en que se formaron fósiles de especies que ahora sabemos extintas, o por qué había especies tropicales y marítimas en las cimas de las montañas, son algunos ejemplos.¹³

La clasificación de las rocas y minerales en Agricola

Georgius Agricola (1494-1555) escribió dos tratados sobre mineralogía en 1546: *De ortu et causis subterraneum* y el *De natura fossilium*. En el campo de la clasificación, el *De natura fossilium* es considerado el primer texto moderno de mineralogía. Esto se debió a que tradicionalmente las rocas y los minerales fueron clasificados simplemente por sus nombres en una lista ordenada alfabéticamente. Sin embargo, en *De natura fossilium*, Agricola usó sistemáticamente criterios clasificatorios basados en los elementos constitutivos de los materiales y que fueran *fácilmente reconocibles por la experiencia*, como el color, la transparencia, el brillo, el olor, el sabor (en contacto con la lengua), el calor o el frío, y la sequedad o humedad. En su trabajo también se incluyeron otras cualidades de las rocas, como la dureza o las reacciones al agua o al fuego, así lo indica en la siguiente cita:

Muchas de estas cualidades no son conocidas por todos, aunque las cualidades que se aprenden a través de la experiencia son ampliamente conocidas. Por ejemplo, todo el mundo sabe que se puede producir fuego golpeando el pedernal con hierro. Por otro lado, los mineros no sólo saben esto, sino que también el fuego derretirá algunas variedades de pedernal y hará añicos otras. Mucha gente sabe que la piedra imán recogerá hierro, pero sólo unos pocos saben que este poder se debilita y destruye si la piedra se sumerge en un ácido.¹⁴

La clasificación de Agricola organizó a las rocas y a los minerales por medio de su composición material, por ejemplo: tierra, fluidos congelados, rocas, gemas, mármoles, y finalmente metales y minerales compuestos. Sobre la formación y constitución de las rocas y minerales, nos dice:

Los minerales no tienen porciones diferentes compuestas por materiales similares. Por ejemplo, un mineral que llamamos naturaleza “compleja” se forma a partir de diferentes tipos de sustancias simples,

¹¹ Richet, *Natural*, 2007, p. 100.

¹² Sissingh, *Rocky*, 2012, p. 56.

¹³ Richet, *Natural*, 2007, p. 101.

¹⁴ Agricola, *Natura*, 2013 (1.ª ed. 1546), p. 23. Traducción propia.

ninguna de ellas diferente. Las sustancias que llamamos similares, los griegos suelen llamar *μοιομερς*, mientras que las sustancias diferentes se llaman *νομοιομερς*. Muchos minerales se forman a partir de una sola especie, algunos de muchas especies similares. [...] Todas las especies de tierra, jugo congelado, la piedra y el metal están compuestas por especies únicas, excepto ciertas piedras que están compuestas por dos o más especies. Estas piedras se reconocen por la presencia de manchas, estrías y áreas que brillan como las estrellas. Pueden imitar diferentes cosas por variaciones de color. Por lo tanto, de los minerales que nos llegan, aprendemos estas diferencias y podemos estudiar su naturaleza.¹⁵

A diferencia de los principios físicos usados por los cronólogos bíblicos para explicar el origen del mundo natural, el trabajo de Agricola muestra un inédito uso de evidencia física, no sólo para establecer los criterios modernos de composición química y la estructura cristalina, que son la base de las propiedades de sus grupos, sino también para explicar el crecimiento de algunos tipos de rocas. Para este autor, la verdadera fuerza que determinaba el crecimiento exterior de las rocas era la evaporación y la congelación del agua, ya que en ambos fenómenos se observaba la generación de minerales. En *De ortu et causis subterraneum*, Agricola plantea una novedosa hipótesis sobre la formación de rocas y minerales: menciona que éstas son formadas por la acumulación de materiales compuestos que se encuentran disueltos en un *succus lapidescens*, una suspensión acuosa de sustancias minerales que al condensarse producen rocas y otros minerales. El *succus lapidescens* puede aglutinar diferentes materiales compuestos y actuar como cementante o formar conglomerados:

[...] las causas inmediatas [del *succus lapidescens*] son el calor y el frío; de alguna manera, un jugo de roca. Porque sabemos que las rocas, que el agua ha disuelto, se solidifican cuando se secan con calor; y por el contrario, sabemos que se derriten con el fuego, que como el cuarzo, se solidifican con el frío.

Porque la solidificación y las condiciones opuestas a la misma, es decir, disolución y licuefacción, surgen de causas que son opuestas entre sí. El calor, que expulsa el agua de una sustancia, la endurece; y el frío, al retirar el aire, solidifica firmemente la misma roca. Pero si un jugo de roca [*succus lapidescens*], ya sea solo o mezclado con agua, se abre paso en los poros de las plantas o los animales... crea rocas. [...] Si el jugo de piedra [*succus lapidescens*] se obtiene en ciertos lugares pedregosos y fluye por las estrías, por esta razón ciertos manantiales, arroyos y lagos tienen el poder de convertir las cosas en piedra.¹⁶

En ninguna parte del trabajo de Agricola hay una distinción precisa entre las rocas, minerales y lo que conocemos actualmente como fósiles,¹⁷ por lo tanto, no hay indicios claros de que el autor formulara una hipótesis que explicara cómo fue que algunas rocas obtuvieron rasgos de organismos. Sin embargo, el nuevo sistema de clasificación le permitió elaborar algunas comparaciones entre materiales pétreos y especímenes del mundo natural; inclusive le permite comparar rocas denominadas *ceraunia* —que posteriormente se descubrió que fueron herramientas usadas por humanos en tiempos prehistóricos— con rocas denominadas *brontia*, que más tarde serán consideradas por los naturalistas como erizos de mar fosilizados.¹⁸ Agricola llegó a mencionar que, dentro de su clasificación, existen algunos tipos de basalto que tienen cierta similitud con la madera; o bien, que cierto tipo de gemas parecían mostrar una estructura similar con algunas partes de animales y vegetales. El uso de analogías permitió únicamente describir aquellas rocas que estaban bien conservadas mediante la comparación con algunos especímenes de organismos actuales, principalmente aquellos que se encontraban en depósitos estratigráficos cercanos al mar, como las conchas. Sin embargo, otro tipo de rocas eran un enigma, dado que

¹⁶ Agricola, *Metallica*, 1950 (1.ª ed. 1556), pp. 49-51, versión digital en: <<https://www.gutenberg.org/files/38015/38015-h/38015-h.htm>>. Traducción propia.

¹⁷ En el siglo XVI, la palabra *fósil* significaba simplemente “cosa desenterrada”, e incluía todo tipo de objetos que habitualmente existían por debajo de la superficie de la tierra (Véase: Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 43).

¹⁸ Véase: Goodrum, “Questioning”, 2008, p. 488.

¹⁵ Agricola, *Natura*, 2013 (1.ª ed. 1546), p. 23. Traducción propia.

en ellas se observaban elementos de organismos no identificados.¹⁹

Naturalistas de finales del siglo XVI y principios del XVII comenzaron a enfrentarse a un nuevo dilema. Los descubrimientos de formas orgánicas irreconocibles en las rocas dieron indicios de una posible extinción, lo cual sugería que La Creación narrada en la Biblia no había sido perfecta. Al tratarse de una hipótesis controversial por los supuestos epistémicos de corte naturalista de la Biblia, autores como John Ray (1627-1705) sostuvieron la idea de que todas las especies, incluyendo las desconocidas, estaban en el mundo desde los orígenes de La Creación, simplemente que éstas vivían en el fondo de los mares no explorados. Sin embargo, esta explicación no daba cuenta acerca de los fósiles ubicados en las zonas altas de las montañas.²⁰

En el siglo XVII, Athanasius Kircher (1602-1680), erudito jesuita e historiador natural, sostenía que el origen de las rocas sólidas era una fuerza dentro de la tierra llamada *vis lapidifica*, la cual consolida los elementos y luego les da diferentes formas a través de algún tipo de *spiritus architectonicus* o un *spiritus plasticus*. Esta fuerza fue una variante de la *vis plastica* en la que se apoyaba la hipótesis primera. En *Mundus subterraneus* (1664), Kircher hace un registro, por medio de ilustraciones, de las marcas, siluetas y formas que se encuentran representadas en las rocas. Entre ellas se describen las letras de los alfabetos griego y latino, varias figuras geométricas, representaciones de los cuerpos celestes, de los árboles, de castillos, animales de distinto tipo, formas humanas, entre otros.²¹ Existe cierta controversia respecto a si Kircher aceptaba o no la hipótesis tres. Gould menciona —a favor de Kircher— que para el siglo XVII era ridículo seguir aceptando la hipótesis número uno, dado que autores como Leonardo da Vinci, Girolamo Fracastoro de Verona y su amigo Torello Sarayna la habían criticado severamente un siglo antes. Una primera observación que debemos de tener en cuenta al hablar de Kircher es que, para

Gould, la historia que se ha contado acerca de los orígenes de la paleontología usualmente presenta a este autor como el gran perdedor dentro de una historia que tiene como característica el triunfo del progreso científico. Esto quiere decir que, para Gould, mucho de lo que se ha escrito sobre Kircher es un mito,²² sin embargo, Kircher comenta que los procesos de petrificación tenían un origen alquímico:

[...] cuando una especie de tierra fangosa se mezcla con una especie de cementante parecido al yeso, cual tierra, y encontrándose con una solución nitrosa en las grietas de las montañas, se petrifica con el tiempo y se parece mucho a un hueso en blancura, siendo blanca, porosa y quebradiza. [Cuando se deposita en una cavidad, esta tierra] produce una bola, que al romperse se asemeja mucho a un cráneo, mientras que si el molde en el que está fundido tiene la forma de un fémur humano (o el de otro animal) o una costilla, o cualquier otro hueso, la marga que es contenido en él, con el licor nitroso agregado, se parecerá al fémur humano.²³

Para Kircher, las rocas con más elementos orgánicos, incluso los huesos y los dientes, fueron confeccionados por la *vis lapidifica*. Sin embargo, concedió un origen orgánico para los peces, la madera fósil, las impresiones de hojas, y también a ciertas conchas de moluscos. No obstante, estos restos claramente no tenían ningún significado histórico para Kircher. La historia de la creación bíblica le satisfacía por completo.²⁴

EL USO DE NUEVA EVIDENCIA FÍSICA EN LA DISERTACIÓN ACERCA DEL ORIGEN DE LOS FÓSILES

Robert Hooke

Contrariamente a las formulaciones de las hipótesis sostenidas por Ray y Kircher, Robert Hooke (1635-1703) usó una variante del telescopio para buscar indicios microscópicos y mostrar así que el

¹⁹ Véase: Richet, *Natural*, 2009, pp. 85-113, y Rudwick, *Earth's*, 2014, pp. 31-54.

²⁰ Véase: Richet, *Natural*, 2007, p. 101, y Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 59.

²¹ Adams, *Birth*, 1954, p. 255.

²² Véase: Gould, "Father", 2004, p. 209.

²³ Kircher en Richet, *Natural*, 2007, p. 101. Traducción propia.

²⁴ K. A. von Zittel en: Gould, "Father", 2004, p. 201.

origen de los fósiles era orgánico. En el año de 1663, Hooke presentó una serie de observaciones a la Royal Society of London, entre las que destacan un grupo de imágenes que muestran secciones de madera petrificada que fueron comparadas con especímenes de madera carbonizada y petrificada. Este tipo de observaciones le permitieron reconocer por primera vez que las estructuras microscópicas de las muestras eran similares, es decir, mantuvieron el orden exacto de los poros y betas de los carbones y de la madera podrida. Asimismo, otras muestras de conchas y fósiles mostraron tener la misma organización estructural microscópica, por lo cual concluyó que todas las rocas fósiles observadas eran organismos petrificados a causa de un recubrimiento de barro o arcilla, o cierto tipo de agua petrificadora, provocados durante el Diluvio, o durante algún tipo de inundación, terremoto u otro medio.²⁵ La hipótesis que sostuvo Hooke es que las rocas que encierran fósiles, como las conchas marinas, podrían haberse producido al consolidar sedimentos blandos dentro de su estructura, dejando nada más que un molde vacío como los que hacen los joyeros para fundir formas en oro o plata.²⁶ A partir de las observaciones, Hooke dividió las rocas en dos categorías: las que tienen características de organismos vivos, y aquellas que tienen como característica una estructura cristalina.

La distribución espacial de los fósiles fue también tema de diferentes conferencias que ofreció Hooke en la Royal Society of London entre 1667 y 1700.²⁷ Se enfrentó de inmediato al problema: ¿cómo es posible que estas conchas, que evidentemente son los restos de organismos marinos que alguna vez vivieron, se encuentren enterradas con frecuencia a distancias considerables sobre el nivel del mar y, en ocasiones, a muchas millas del mar? Claramente las conchas fósiles eran de gran interés y significado científico, y consideró la cuestión repetidamente en sus últimos años. Para Hooke, la causa que explicaba que la distribución de los fósiles fuera heterogénea era la fuerza de los terremotos, cuya in-

tensidad podría ser tan alta que era capaz de provocar un aumento en la superficie o perforarla. En 1687, Hooke señala que la presencia de fósiles marinos en tierra firme, y principalmente sobre las partes más elevadas de las montañas de Inglaterra, se debió a la variación continua del eje de rotación de la Tierra, la cual, a través del tiempo, desplazó los mares y el clima probablemente tropical. Sin embargo, su explicación también ofreció un relato de cómo Dios pudo haber provocado el Diluvio, probablemente causado por terremotos, inundando temporalmente toda la superficie de la Tierra. El problema de la hipótesis de Hooke es que, primero, el desplazamiento de los mares parecía ser bastante lento y no encajar con la escala temporal aceptada de 6 000 años; segundo, la hipótesis era incompatible con los bajos niveles de actividad sísmica registrados en esa región; y tercero, contradecía las observaciones astronómicas de Johann Philipp von Wurtzelbaeur (1656-1713), quién había mostrado que la oblicuidad eclíptica de la Tierra no había variado entre 1487 y 1686.

Al hablar sobre la antigüedad y naturaleza de los fósiles, Hooke evoca una escala relativamente mayor a los 6 000 años calculados por la cronología de Ussher. Hooke reconoció que:

Por trivial que sea una cosa, a algunos puede parecerles una simple cáscara podrida, sin embargo, estos monumentos de la naturaleza son muestras más ciertas de señales de la antigüedad, más que las monedas y medallas, ya que lo mejor de ellas puede ser falsificado o hechas por el arte y el diseño, al igual que los libros, manuscritos y las inscripciones; como todos los eruditos están ahora suficientemente satisfechos, se ha practicado a menudo, y aunque debe reconocerse que es muy difícil leerlos (los registros de la naturaleza) y sacar de ellos una cronología, y establecer los intervalos de tiempo en los que han ocurrido tales o cuales catástrofes y mutaciones, sin embargo, no es imposible, sino que, con la ayuda de aquellos unidos a otros medios e instancias de información, se puede hacer mucho incluso en esa parte de la información también.²⁸

²⁵ Richet, *Natural*, 2007, p. 102.

²⁶ Rudwick, *Earth's*, 2014, p.44.

²⁷ Véase: Lyell, *Principles*, 1990; Richet, *Natural*, 2007, p. 67, y Rudwick, *Earth's*, 2014, pp. 38-39.

²⁸ Hooke citado en: Lyell, *Principles*, 2010 (1.ª ed. 1836), p. 28. Traducción propia.

Sobre su naturaleza, no debemos perder de vista la idea más radical de Hooke que abandona la creencia eclesiástica de que las especies biológicas habían sido eternas: la variedad de especies existentes en el presente es esencialmente una característica del tipo de entorno en que se encuentran, y es posible que las especies anteriores —las antediluvianas— no hayan sido diferentes, incluso aquellas que en la actualidad no reconocamos pertenecientes a una determinada familia.²⁹ Y agrega: “Ha habido muchas otras especies de criaturas en edades anteriores de las cuales no podemos encontrar ninguna en la actualidad; y eso también no es improbable, pero puede haber varios tipos nuevos ahora, que no lo han estado desde el principio”.³⁰

En resumen, la escala de tiempo estimada a raíz de los estudios de Hooke reforzó, en algunos sectores de la comunidad de naturalistas, la idea de que los procesos geológicos observables en la época, tales como los terremotos, las inundaciones y las erupciones volcánicas, fueron eventos tan rápidos que eran compatibles con los 40 días que duró el Diluvio, según la tradición bíblica. Sin embargo, como mencionan Richet y Rudwick, a pesar de que Hooke estaba evocando tiempos mucho más antiguos, no preveía una ruptura con la cronología mosaica, e incluso, al final de su vida, Hooke trató de conciliar su tesis con el relato de La Creación y el cálculo estimado para el origen de la Tierra.

Nicolaus Steno

Simultáneamente al trabajo de Hooke, Nicolaus Steno (1638-1686) formuló una explicación sobre el origen de los fósiles que conduciría a postular por primera vez que la Tierra tiene su propia historia e independiente de la humana, con lo cual generaría un nuevo e inédito problema métrico relacionado con el cálculo de la edad del planeta. Al igual que Hooke, Steno formaba parte de un grupo de filósofos naturales europeos que estaban explorando nuevas formas de estudiar el mundo natural mediante el uso de evidencia física y el floreciente mundo de la tecno-

logía.³¹ Steno fue lo que podríamos llamar el primer geólogo moderno en dar una explicación histórica mediante el uso de evidencia fósil y estratigráfica:

Sólo una de esas dificultades preocupaba a los antiguos, a saber, la forma en que se habían dejado objetos marinos en lugares alejados del mar, y nunca se preguntó si se habían producido cuerpos similares en lugares distintos del mar. En tiempos más recientes, la dificultad de los Antiguos recibió menos énfasis ya que casi todos estaban ocupados investigando el origen de dichos cuerpos. Quienes los adscribieron al mar hicieron todo lo posible por demostrar que los cuerpos de tal tipo no podrían haber sido producidos de otra manera, quienes los atribuyeron a la tierra negaron que el mar pudiera haber cubierto estos lugares; todos se unieron para ensalzar los poderes de la naturaleza poco conocidos como si fueran capaces de producir cualquier cosa. Y puede ser que una tercera opinión tenga suficiente valor para ser aceptable, que algunos cuerpos puedan atribuirse a la tierra y otros al mar; sin embargo, casi en todas partes hay un profundo silencio sobre la duda de los Antiguos, excepto que algunos han mencionado inundaciones y una sucesión de años de duración desconocida, pero solo de manera incidental, y, por así decirlo, al tratar con otra cosa.³²

En el año de 1666, el duque Fernando II de Florencia le encargó estudiar la cabeza de un tiburón gigante que había quedado varada en la costa de Livorno, Italia. Después de diseccionar el tiburón blanco, Steno se dio cuenta de que los dientes eran casi idénticos a las rocas llamadas *glossopetrae* o “lenguas de piedra”, unas rocas muy comunes en la región de Malta que tomaron su nombre precisamente por tener la forma de una lengua. Al examinar algunos ejemplares de estas piedras llegó a la conclusión de que las *glossopetrae* eran dientes de tiburón petrificados. En 1668, en *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, Steno elaboró un enfoque de explicación histórica basado en el análisis de varios objetos fosilizados encontrados en territorio italiano. El enfoque de

²⁹ Gaukroger, *Emergence*, 2006, p. 503

³⁰ Hooke, *Posthumous*, 1705, p. 291. Traducción propia.

³¹ Véase: Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 46

³² Steno, *Prodromus*, 1916 (1.ª ed. 1668), p. 625. Traducción propia.

Steno fue estructurado de la siguiente forma: si los *glossopetrae* fueron alguna vez dientes de tiburones, entonces, la cuestión era saber si los fósiles que son similares a los organismos marinos, y que se encuentran alejados de las costas, fueron alguna vez producidos en el mar. Dado que en la tierra se encuentran otros fósiles semejantes a los especímenes naturales que crecen en cualquier otro ambiente diferente al mar, Steno no niega la posibilidad de que la Tierra pudo dar “a luz” al resto de los fósiles:

Era necesario, por tanto, extender la investigación a todos aquellos cuerpos que, excavados en la tierra, se observan como aquellos que en otros lugares vemos crecer en un fluido. Pero muchos otros cuerpos, también, se encuentran entre las rocas, poseídos de cierta forma; y si se dijera que fueron producidos por la fuerza del lugar, hay que confesar que todos los demás fueron producidos por la misma fuerza.³³

Gracias a las observaciones que realizó mediante el trabajo de campo, Steno pudo darse cuenta de que algunos tipos de fósiles morfológicamente similares se localizaban dentro de los mismos “suelos” (estratos) lo cual lo llevó a sostener que:

1. Un cuerpo natural es un agregado de partículas imperceptibles que está sujeto a la operación de fuerzas que proceden del imán, del fuego y a veces también de la luz; de cualquier forma, de hecho, se puedan encontrar celdas celulares, ya sea entre las partículas, o dentro las propias partículas, o en ambas.
2. Un sólido se diferencia de un fluido en la medida en que en un fluido las partículas imperceptibles están en constante movimiento y se extraen mutuamente unas de otras; mientras que en un sólido, aunque las partículas imperceptibles a veces pueden estar en movimiento, casi nunca se extraen unas de otras mientras ese sólido permanezca sólido e intacto.
3. Que mientras se produce un cuerpo sólido, sus partículas están en movimiento de un lugar a otro.

4. Que todavía no sabemos nada en la naturaleza de la materia con cuya ayuda se pueda explicar el principio del movimiento y la percepción del movimiento; pero que la determinación de los movimientos naturales puede ser alterada por tres causas.³⁴

De lo anterior, Steno justifica su hipótesis mediante las siguientes proposiciones: “si un cuerpo sólido es encerrado por todos sus lados por otro cuerpo sólido, el primero de los dos en endurecerse fue aquel que, cuando ambos entraron en contacto, transfirió sus propias características de su superficie a la superficie del otro”.³⁵ Por lo tanto, aquellos sólidos, ya sea que estén compuestos de arena o de rocas, que encierran y contengan por todos lados cristales, selenitas, marcasitas, plantas, huesos y caparzones de animales, y que demás, estos cuerpos posean una superficie lisa; son los mismos cuerpos que ya se habían endurecido en el momento en que la arena y la roca que los contenía todavía era fluida. En este caso, no sólo la arena y la roca no produjeron los cuerpos contenidos en ellos, sino que ni siquiera existían como tales cuando esos cuerpos fueron producidos en ellos. En el caso de los cristales, si uno de ellos está encerrado en parte por otro cristal, por ejemplo, una selenita cubierta por una selenita, o una marcasita por una marcasita, esos cuerpos contenidos ya se habían endurecido cuando una parte de los cuerpos que lo contenían todavía estaban fluidos. Por último, Steno menciona que la arena y las rocas en las que se encuentran conchas petrificadas, vetas de mármol, de lapislázuli, plata, mercurio, antimonio, cinabrio, cobre y otros minerales de este tipo, sus cuerpos que los contienen ya se habían endurecido en la época en que la materia de los cuerpos contenidos aún era fluida; y que, en consecuencia, se produjeron primero las marcasitas, luego las piedras en las que se encierran las marcasitas y, finalmente, las vetas de minerales que llenan las fisuras de la roca.³⁶ Así, podemos observar cómo fue que Steno condujo sus investigaciones y descubrimientos hacia una explicación histórica de objetos naturales basados en la idea de procesos de transformación.

³³ Steno, *Prodromus*, 1916 (1.ª ed. 1668), p. 213. Traducción propia.

³⁴ Steno, *Prodromus*, 1916 (1.ª ed. 1668), p. 214. Traducción propia.

³⁵ Steno, citado en: Guillaumin, *Raíces*, 2009, p. 63.

³⁶ Véase: Steno, *Prodromus*, 1916 (1.ª ed. 1668), p. 218.

LA TIERRA TIENE HISTORIA

Una teoría sagrada y evolucionista de la Tierra

Con base en el estudio de distintos tipos de evidencia física, muchos eruditos comenzaron a formularse nuevas preguntas acerca de la naturaleza durante el siglo XVII. No se debe perder de vista que es en este siglo cuando la física peripatética de Aristóteles se fue quedando rezagada por los paulatinos descubrimientos en el campo de la nueva astronomía. En el caso de las ciencias históricas, fue el inicio del cambio metodológico, que consistió en sustituir la evidencia documental basada en los estudios bíblicos por evidencia paleontológica y geológica. Sin embargo, hasta antes de Steno no se había postulado alguna hipótesis que contradijera la autoridad epistémica de la Biblia respecto a la idea de que la historia de la Tierra y la humanidad es compartida. Autores como René Descartes (1596–1650) e Isaac Newton (1643–1727), que habían ofrecido una nueva concepción acerca de la evolución del universo, favorecieron el cálculo bíblico de 6 000 años.

Thomas Burnet (1635-1715) fue uno de los filósofos naturales que utilizó el concepto de evolución en un marco completamente religioso para dar una explicación acerca del origen de la Tierra.³⁷ Entre 1680 y 1689 publicó *Telluris theoria sacra*, donde expone de manera detallada su teoría acerca del origen del Universo. En este Universo, supuestamente antiguo, el caos inicial terrestre se disipó cuando los elementos de la tierra, el agua, el aceite y el aire, formaron capas concéntricas que ayudaron a aumentar la densidad de la Tierra. A medida que se depositaron sobre el aceite, las partículas de polvo suspendidas en el aire se precipitaron para constituir el suelo fértil del Paraíso, cuyo clima fue durante mucho tiempo uniformemente agradable.³⁸ Por medio de las acciones del intemperismo y la erosión, la corteza terrestre se fracturó abruptamente provocando el Diluvio Universal. Esta inundación se produjo en el momento justo en que Dios decidió castigar los pecados de la humanidad, dejando deformada la superficie de la corteza después del retroceso de las aguas profundas.

Rudwick menciona que la explicación de Burnet es similar a la de Descartes en el siguiente sentido:

Descartes identificó una corteza terrestre inicialmente ininterrumpida como la perfección del mundo primordial del Jardín del Edén. La ruptura de la corteza se produjo más tarde por un Diluvio Universal, identificado por supuesto como el de Noé. Cuando las aguas disminuyeron, revelaron un mundo roto e imperfecto como el del presente, con su geografía irregular de continentes y océanos. Avanzando hacia el futuro, el funcionamiento posterior de las leyes naturales que produjeron el Diluvio produciría a su debido tiempo megaerupciones volcánicas en todo el mundo, identificadas como el apocalipsis de fuego supuestamente predicho en la Biblia. Esto purgaría el mundo y lo haría suave y perfecto por segunda vez, apto para el futuro reinado milenial de Cristo. Finalmente, y nuevamente por el funcionamiento continuo de las leyes de la naturaleza, la Tierra se transformaría en una estrella. Toda esta secuencia se encuentra tácitamente dentro del tipo de escala de tiempo de los cronólogos.³⁹

Para Burnet, a) el eje de la Tierra debe su inclinación al desequilibrio provocado por el aumento de las aguas diluvianas. A partir de ese punto, la Tierra comenzó a sufrir una gran cantidad de variaciones climáticas que culminarán según la concepción milenarista predicha por Las Escrituras: “Se esperaba que el penúltimo período, el milenio en sí, durara literalmente 1 000 años”⁴⁰ Además, b) Burnet rechaza explícitamente cualquier concepción aristotélica eternalista, y una estructura del tiempo cíclica, al mencionar que “...si hay evidencia, ya sea en la razón o en la historia, es porque no han pasado muchas Edades desde que la naturaleza estuvo en su minoría de edad, como aparece en todos los casos que hemos dado anteriormente, algunos de los cuales la rastrean hasta su infancia.”⁴¹ La explicación de los cambios de relieves por medio del retiro de las aguas diluvianas no contradijo el tiempo de La Creación estipulada por la tradición de cronólogos bíblicos; sin embargo,

³⁷ Gould, *Flecha*, 1987, y Rudwick, *Earth's*, 2014.

³⁸ Richet, *Natural*, 2007.

³⁹ Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 65. Traducción propia.

⁴⁰ Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 66. Traducción propia.

⁴¹ Burnet, *History*, Libro I, cap. V, 1753.

Burnet, al no ser un naturalista, desconocía todo lo referente a la cuestión de los fósiles, por lo cual fue incapaz de atribuirle una escala de tiempo más “profunda” y naturalizada a la Tierra.

Hay que señalar que la teoría de Burnet fue enormemente influyente entre los académicos del siglo XVII y XVIII. Sin embargo, vale la pena resaltar algunas críticas a las que fue expuesta. Por ejemplo, Rudwick menciona que en el relato bíblico tradicional los seres humanos fueron expulsados del Edén al mundo, y poco a poco fueron moralmente decayendo sus descendientes hasta que fueron castigados por el Diluvio. Burnet ignora este hecho aceptado por la tradición de estudios bíblicos, y en su lugar, representa el periodo antediluviano como paradisiaco y perfecto. Esta concepción implicaba la ausencia total de los mares que en la Biblia a menudo fue simbolizada por una naturaleza caótica. Una consecuencia de este abandono es que Burnet ignoró los fósiles marinos incrustados dentro de los estratos. Además, le atribuye al Diluvio y la Conflagración de la Tierra una noción causal determinada por leyes naturales. Sin embargo, como también señala Rudwick, a autores como Newton les resultaba aceptable la teoría de Burnet.⁴²

La obra de Burnet fue editada como un libro científico donde se afirmaba que era la única y *verdadera* teoría de la Tierra. Durante el siglo XVIII, el proyecto de otorgarle evidencia empírica para probar sus afirmaciones fue abandonado por la sospecha probable de que la escala de tiempo de la edad de la Tierra era mayor; y en segundo lugar, por el abandono del proyecto deísta a cambio de la búsqueda exclusiva de leyes de la naturaleza que explicaran el mundo físico. Algunas opiniones sobre esto son las siguientes. Rudwick menciona que, desde la perspectiva del deísmo,

⁴² En el año de 1696, William Winston, sucesor de Burnet en Cambridge, publica *A New Theory of the Earth*, donde explica que los cometas son la causa probable de la inundación en el pasado, y la conflagración en el futuro. El objetivo principal de Whiston fue el mismo que el de Burnet: mostrar que la historia bíblica era “perfectamente aceptable para la razón y la filosofía”, la religión y la ciencia natural se reivindican como disciplinas compatibles, y ciertamente no en conflicto intrínseco, véase: Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 66.

los supuestos efectos físicos del Diluvio Bíblico fueron minimizados o negados por completo, mientras que la historia de La Creación generalmente fue descartada como científicamente sin valor. Esto tuvo un efecto profundo en el estudio de la Tierra. De manera útil centró la atención en las leyes intemporales de la naturaleza que gobiernan los procesos causales de la Tierra. Sin embargo, a la inversa, al rechazar cualquier evidencia de las escrituras, también desvió la atención de la historia posiblemente no repetida y contingente de la Tierra.⁴³

En palabras de Gould, por ejemplo, Burnet representaba la atrincherada oposición de la iglesia y un sector de la sociedad que se resistía a adoptar las nuevas formas de prácticas científicas que privilegiaban la observación como el principal recurso para producir conocimiento.⁴⁴ Y para Richet, la teoría de Burnet fue importante dado que en ella se ofrece un esquema de explicación evolutiva que daba cuenta de la historia moral y física de la humanidad.⁴⁵ Este esquema de explicación continuó tomando como fuente principal la autoridad de la palabra de Dios plasmada en la Biblia, pero, además, consideró como fuente de conocimiento la capacidad humana para entender las leyes de naturaleza; como menciona Rudwick, Burnet hace referencia tanto al desarrollo de los acontecimientos físicos bajo leyes inmutables de la naturaleza, así como al testimonio de las Escrituras acerca del pasado y del futuro.

El surgimiento de la geología estratigráfica

Ni el estudio de las *glossopetrae* de Steno, ni el de las amonitas y otros fósiles de Hooke, condujo a cuestionar la escala de tiempo proveniente de los estudios cronológicos bíblicos. Tampoco dudaron de que dicha escala era la misma para la historia de la humanidad como para la Tierra. Steno había señalado que la gran cantidad de lengüetas de piedra no podían ser muy antiguas, dado que un sólo tiburón

⁴³ Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 67.

⁴⁴ Gould, *Flecha*, 1987.

⁴⁵ Richet, *Natural*, 2007.

podía producir hasta 200 ejemplares.⁴⁶ Respecto a algunos especímenes marinos, Hooke tampoco pudo estimar una antigüedad muy profunda, porque algunos bloques de roca usados en construcción, y cuya matriz estaba compuesta por fósiles, habían sido usados por los Etruscos. Sobre los *glossopetrae* Rudwick menciona lo siguiente:

Steno argumentó que su formación debe remontarse aún más atrás en el tiempo, incluso quizás tan atrás como el Diluvio Bíblico. Lejos de tener que apretar sus pruebas en un período de tiempo incómodamente breve, anticipó a sus lectores que tendrían que estar convencidos de que estas antigüedades naturales, a diferencia de muchos artefactos humanos antiguos, podrían haberse conservado en tan buena forma durante tanto tiempo.⁴⁷

Steno utilizó rocas y fósiles, junto con el análisis de la estratigrafía de la región de Toscana, con el fin de reconstruir una secuencia histórica de la Tierra. En las colinas de Volterra observó un patrón continuo de estratos sobrepuestos horizontalmente en algunas áreas, e inclinados en otras.⁴⁸ Steno infirió que todos los estratos originalmente habían sido depositados de manera horizontal, pero que en algunos lugares se habían colapsado de tal forma que en el presente tienen cierta inclinación. Asimismo, observó que los estratos superiores contenían en su matriz conchas fósiles, mientras que en las unidades inferiores los estratos eran estériles paleontológicamente hablando; por lo tanto, él dedujo que el estrato inferior era contemporáneo al momento de La Creación, mientras que el estrato superior databa probablemente del momento del Diluvio. Dado lo anterior, Steno menciona que existe un orden en la sucesión de los estratos en el cual las unidades superiores son las más recientes y las inferiores las más antiguas. Lo más importante aquí es que cada estrato, en la medida en que es individual, tiene su propia historia, y el orden de la sucesión estratigráfica representa una unidad de tiempo geológico.

Steno formuló tres principios para hacer una reconstrucción de la historia de la Tierra en la cual reconoce que cada uno de los estratos geológicos se formaron de manera gradual en el transcurso del tiempo. El primero de ellos es el principio de *superposición*, que sostiene que dentro de un grupo de unidades sedimentarias que aparecen sobrepuestas, la unidad inferior se depositó primero y la superior en último lugar. El segundo principio, llamado *horizontalidad original*, se refiere a que no importa cuál sea la orientación actual de los estratos, al ser el agua la fuente principal de sedimentación, la superficie en un principio fue horizontal. El tercer principio, el de *continuidad lateral*, sostiene que el agua deposita los sedimentos como láminas lateralmente continuas que terminan en el extremo de la cuenca en donde se formaron al principio. Con estos principios, Steno coloca las bases de la explicación histórica en el campo de las investigaciones del mundo natural.⁴⁹

En el siglo XVII no había ningún medio que permitiera explicar las causas que alteraron la deposición horizontal de los estratos provocando la formación de montañas, sin embargo, Steno hizo la propuesta de que las montañas podrían haber sido resultado de los incendios subterráneos, la erosión, terremotos o hundimientos. La lección de Steno dejó en claro que es posible inferir la historia de la Tierra mediante la observación de los depósitos sedimentarios, sin embargo, no pudo establecer un método que le permitiera calcular el tiempo necesario que se requiere para formar un estrato; de hecho, para calcular la edad de la Tierra Steno siguió apegado al marco de las cronologías bíblicas y al cálculo de 4 000 años a. C. La formación de los estratos en ese periodo no representaba ninguna dificultad para él, Richet menciona que, como muchos filósofos naturales de la época, Steno era incapaz de imaginar períodos más largos.

⁴⁶ Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 51.

⁴⁷ Rudwick, *Earth's*, 2014, p. 52.

⁴⁸ Para mayor detalle, se pueden consultar las obras de Cutler, *Seashell*, 2003; Cutler, "Nicolaus", 2010, pp. 143–148.

⁴⁹ Véase: Guillaumin, *Raíces*, 2009, p. 64.

ANÁLISIS

En esta historia particular sobre la edad de la Tierra hay dos criterios analíticos que pueden servir como punto de partida para entender cómo fue que al reconocer que la Tierra tiene historia se genera un problema métrico para calcular su edad. El primero de ellos es el abandono de la evidencia documental por evidencia física que comenzó a debilitar la autoridad del relato bíblico para explicar el origen de la Tierra, pero no el cálculo de las cronologías bíblicas de 6 000 años. El segundo, la elaboración de un modelo de explicación histórica para objetos naturales basado en inferencias genealógicas. En el presente análisis voy a sostener que estos dos criterios establecieron una red compleja de relaciones que permitieron la elaboración y solución de problemas empíricos y teóricos relacionados con la explicación de que los fósiles tenían un origen orgánico, lo que condujo posteriormente a establecer ciertas relaciones con los procesos de transformación geológica pensados por Steno.

El abandono de la evidencia documental por evidencia física

Al decir que hay un cambio metodológico respecto al uso de la evidencia debemos tener en cuenta que los autores analizados hasta ahora no tenían una concepción estándar de evidencia. Sin embargo, podemos encontrar algunas nociones generales que ofrecieron cierta garantía a sus inferencias sobre objetos naturales. Como ya se mencionó, algunos de los procesos de transformación de los fósiles fueron inferidos mediante la observación de los restos que sobrevivieron hasta el presente y todos los datos disponibles que permitieron unirlos con el pasado. Los criterios para establecer hasta qué medida las observaciones fueron confiables podemos extraerlos del análisis de las tres hipótesis mencionadas.

Una de las complicaciones en que se vieron involucrados los filósofos naturales que sostenían las hipótesis primera y segunda, tiene que ver con aquellas formas o rasgos que no tenían un referente común con alguna especie natural. Ello introdujo una serie de complicaciones tanto epistémicas como me-

todológicas respecto a la observación a simple vista, en particular en aquellos casos donde la analogía, utilizada como razonamiento probatorio, no encajaba con las hipótesis. Lo que contó como *cosa observada* en la hipótesis tercera fueron las similitudes entre algunos rasgos anatómicos que poseían los organismos vivos y los fósiles, pero a diferencia de las dos primeras hipótesis, estos rasgos se establecieron mediante el uso de dos herramientas mucho más potentes que la observación a simple vista: el uso del microscopio y los análisis provenientes de la anatomía comparada. El caso de Hooke muestra cómo las observaciones por medio de instrumentos establecieron una nueva relación analógica entre las estructuras microscópicas de los organismos vivos con las estructuras en los fósiles. En Steno, las relaciones analógicas también se establecieron mediante la observación directa de algunos restos, como los dientes de tiburón y las *glossopetrae*, sin embargo, los criterios locales para determinar si estas observaciones eran confiables se debieron al profundo conocimiento anatómico y a las técnicas de disección que Steno desarrolló en sus numerosos trabajos sobre anatomía.

Otro factor importante es saber cómo se establece que una cosa observada indica otra cosa. En este caso, ¿cómo establecemos que la similitud de rasgos compartidos entre organismos y fósiles indica que los primeros son la causa de los segundos? Guillaumin menciona que esta dificultad está relacionada con el *grado de seguridad* en que una cosa observada indica otra cosa.⁵⁰ Aquí, el grado de seguridad fue variable y dependió del tipo de evidencia analizada. En Agricola, por ejemplo, podemos ver que el grado en que establece la analogía entre fósiles y organismos es exclusivamente a través de los rasgos reconocibles de los organismos que existen en el presente y los fósiles que se encuentran mejor conservados en los yacimientos geológicos: el grado de seguridad está determinado por el grado en que estos se parecen entre sí. En aquellos casos donde no puede establecer relaciones analógicas seguras simplemente no los menciona. En Agricola, el origen orgánico de los fósiles parece ser una simple sospecha. El caso con Hooke

⁵⁰ Guillaumin, *Surgimiento*, 2005, p. 19.

y Steno es diferente. La primera distinción es que la fuerza del indicio es más alta dado que los mecanismos metodológicos para obtener información fueron más sofisticados, como ya se mencionó. Pensemos en Hooke, el uso del microscopio permitió analizar una muestra más amplia que la usada por Agricola, e incluyó especímenes de fósiles que hoy sabemos que están extintos, como las amonitas. El grado del indicio fue más alto, porque se basó en un número mayor de observaciones que mostraron un patrón constante de similitudes a simple vista y microscópicamente. El caso de Steno pareciera que es similar al de Agricola, pero como ya se mencionó, él fue uno de los más sobresalientes anatomistas del siglo XVII, y es difícil suponer que sus observaciones fueron a “simple vista” sin el sofisticado conocimiento de fondo que le permitiera identificar rasgos muy difíciles de asimilar. También, cabe señalar que Steno utilizó como indicio la ubicación geográfica en que se encontraban los fósiles. Por ejemplo, observó que hay una relativa correspondencia entre los fósiles marinos y su distribución en zonas tropicales o lacustres; asimismo, hay una correspondencia entre especímenes terrestres en contextos ambientales similares.

Hay un tercer elemento que tiene que ver con la expresión “la existencia de otra cosa”. Guillaumin menciona que la expresión se refiere al cómo se establece la existencia de la cosa inferida, y que en muchas ocasiones lo que indica no es algo que se pueda observar directamente. Por lo tanto, la investigación del mundo empírico requiere del desarrollo de estrategias de prueba empírica para establecer la existencia de los fenómenos, procesos o eventos inferidos.⁵¹ Nuevamente la historia de los fósiles muestra esta dificultad, ¿qué significa que los fósiles son organismos petrificados? Una respuesta apoyada en el relato es que no hay suficientes elementos de prueba en el siglo XVII, excepto por la relación analógica de los rasgos entre fósiles y organismos. Pero la relación analógica no fue lo suficiente robusta dado que en la hipótesis número uno se reconocía la existencia de rasgos entre fósiles y organismos y no se aceptaba un origen común. En ambos casos no hay evidencia probatoria lo sufi-

cientemente fuerte para inclinarnos por alguna, por lo menos en este sentido.

Finalmente, hay una clara diferencia de estos tres elementos con la hipótesis de la generación espontánea. En la primera hipótesis, la similitud entre fósiles y organismos era para apoyar la idea de que el más simple de los organismos podría aparecer inesperadamente de la base de la materia inanimada mediante una fuerza intrínseca llamada *vis plastica*. También se aceptaba que las rocas eran de cierto modo una extensión del mundo orgánico. El criterio que sirvió para decir que la analogía entre rasgos similares contó como una observación de la *vis plastica* no fue establecido por la observación empírica, sino por medio de una inferencia basada en la autoridad de la tradición aristotélica. De la misma forma, el grado con que se aceptó que dicha observación era confiable, y cómo se estableció como prueba empírica, nuevamente se apoyó sobre la autoridad de la evidencia documental bíblica y aristotélica.

La elaboración de un modelo de explicación histórica para objetos naturales con base en escalas de tiempo naturalizadas

El uso de las rocas y fósiles en la disertación sobre de su origen permitió elaborar una explicación basada en los procesos de transformación, lo cual implicó introducir a la historia en la explicación de la naturaleza. En este tipo de explicación: a) el pasado no puede inferirse del presente a menos que se proporcionen nuevas premisas que los enlacen, y b) estas premisas se construyen cognitivamente mediante el uso de inferencias filogenéticas. Estas dos partes son esenciales para el desarrollo de las explicaciones históricas. En el caso de a), la posibilidad de conocer el pasado depende de que los procesos hayan dejado información relevante y que existan los procedimientos metodológicos para unir al pasado con el presente. En b), cuando decimos que un conjunto de objetos engendra a otro, es necesario especificar su herencia; y esta genética es un tipo especial de relación causal que se establece en virtud de que un objeto engendra otro.⁵²

⁵¹ Guillaumin, *Surgimiento*, 2005, p. 19.

⁵² Sober, *Reconstructing*, 1988.

Las explicaciones basadas en los procesos de transformación llevan a realizar la pregunta siguiente, ¿cómo podemos saber que un conjunto de objetos está relacionado genealógicamente con otro conjunto? En el caso de Steno, ¿cómo podemos saber que los fósiles están relacionados genéticamente⁵³ con algunos tipos de organismos? Para Steno, por ejemplo, un fósil de concha marina con incrustaciones de mármol y una superficie cubierta por percebes fosilizados contaba la historia de que el animal que era parte de la concha había muerto y había sido enterrado por los sedimentos en donde su concha se petrificó (proceso de transformación 1). Después de mucho tiempo el mar se retiró y los sedimentos quedaron expuestos a la erosión. La concha fosilizada quedó a la intemperie, y por los efectos de la erosión se rompió parcialmente (proceso de transformación 2). El mar la volvió a cubrir y los percebes se le incrustaron, para después volverse a enterrar en un nuevo depósito y fosilizarse otra vez, después de que el nivel del mar volvió a bajar (proceso de transformación 3).⁵⁴ En la explicación histórica de Steno hay dos elementos epistemológicos que, de acuerdo con Guillaumin, colocan las bases de la explicación histórica en el campo de las investigaciones del mundo natural:

elementos constitutivos, es el conjunto de elementos contingentes que entraron en la formación de los objetos históricos particulares y que constituyen lo que ese objeto es en el presente, y; elementos regulativos, son los principios que regulan la formación de sólidos, fósiles principalmente, y estratos sedimentarios, *todo fósil o estrato llegó a ser lo que es en el presente por los mismos elementos regulativos*.⁵⁵

En lo que respecta a la relación entre el modelo de explicación histórica para objetos naturales con la medición científica, Annick Lesne ha utilizado una distinción epistémicamente útil para entender qué

⁵³ El uso de inferencia filogenética se refiere a los patrones inferenciales que parten desde una semejanza observada hasta una hipótesis de ascendencia común, tal y como lo señala Elliott Sober en el capítulo 1 del *Reconstructing*, 1988.

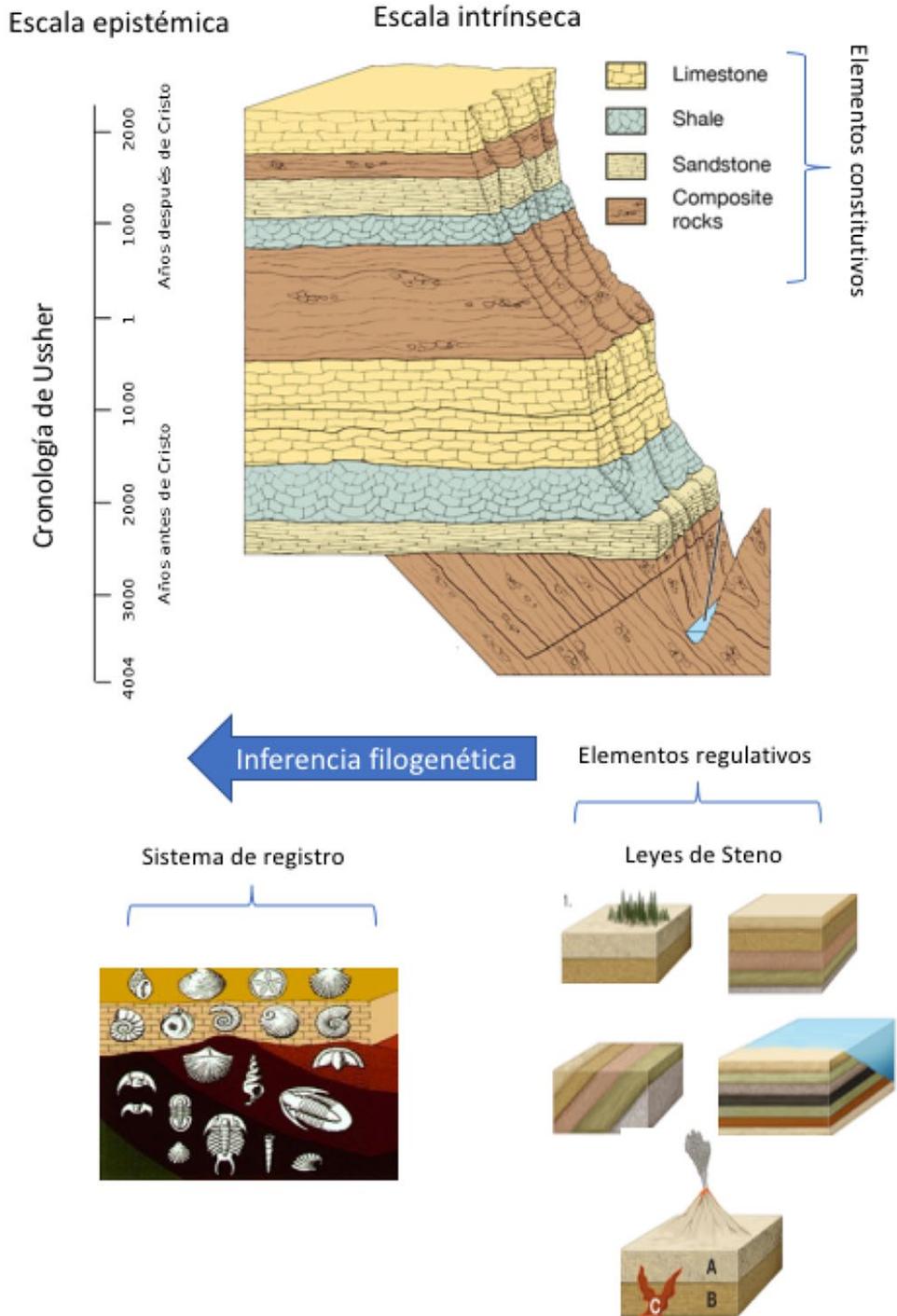
⁵⁴ Este ejemplo está ligeramente modificado de Guillaumin, *Raíces*, 2009, p. 63.

⁵⁵ Guillaumin, *Raíces*, 2009, p. 63.

significa medir el tiempo en la investigación de fenómenos históricos. La noción central es la de escala de tiempo. Lesne sugiere que la representación del tiempo es una elección de modelado que se establece por medio de la integración de escalas epistémicas y escalas intrínsecas. De acuerdo con esto, las escalas epistémicas debemos entenderlas como aquellas mediante las cuales se observan y describen los sistemas naturales; es decir, aquellas que parten de la apariencia observable y medible. Por otro lado, las escalas intrínsecas son aquellas que se establecen a partir de los tiempos característicos de los sistemas naturales y son independientes de la observación y de la descripción.⁵⁶ Esto quiere decir que la modelización de escalas de tiempo en las diferentes áreas de las ciencias históricas es el procedimiento en el cual se abstraen los rasgos medibles de los sistemas naturales que sirven para demarcar sus límites e intervalos temporales, y estos estarían definidos por los elementos constitutivos y los elementos regulativos que forman parte de los principios que subyacen al modelo de explicación histórica. Cabe señalar que la abstracción depende de las características de los rasgos seleccionados. Es decir, en la construcción de escalas de tiempo epistémicas se eligen ciertos rasgos del sistema de registro —y se dejan de lado otros— con el fin de que la escala pueda ser ajustada dentro de una situación real y empíricamente observada. Existe una interfaz que conecta lo que Lesne llama escala intrínseca, con lo epistémico y lo que voy a definir como un *sistema de registro*. Un sistema de registro debemos entenderlo como un sistema dinámico complejo que deja constancia de algún tipo de información que sigue un patrón en un determinado tiempo. La característica epistémica importante es que a pesar de que la información que nos llega del pasado se transforma o se pierde al paso del tiempo, en los sistemas de registro se siguen manteniendo algunos de los rasgos que nos permiten inferir genéticamente algunos aspectos del estado original del sistema. Entre estos rasgos están implícitos aquellos indicios que sirven como evidencia para construir las escalas de tiempo epistémicas (véase figura 1).

⁵⁶ Lesne, "Time", 2017, p. 55.

Figura 1. Escala epistémica del modelo de explicación histórica para objetos naturales en Steno



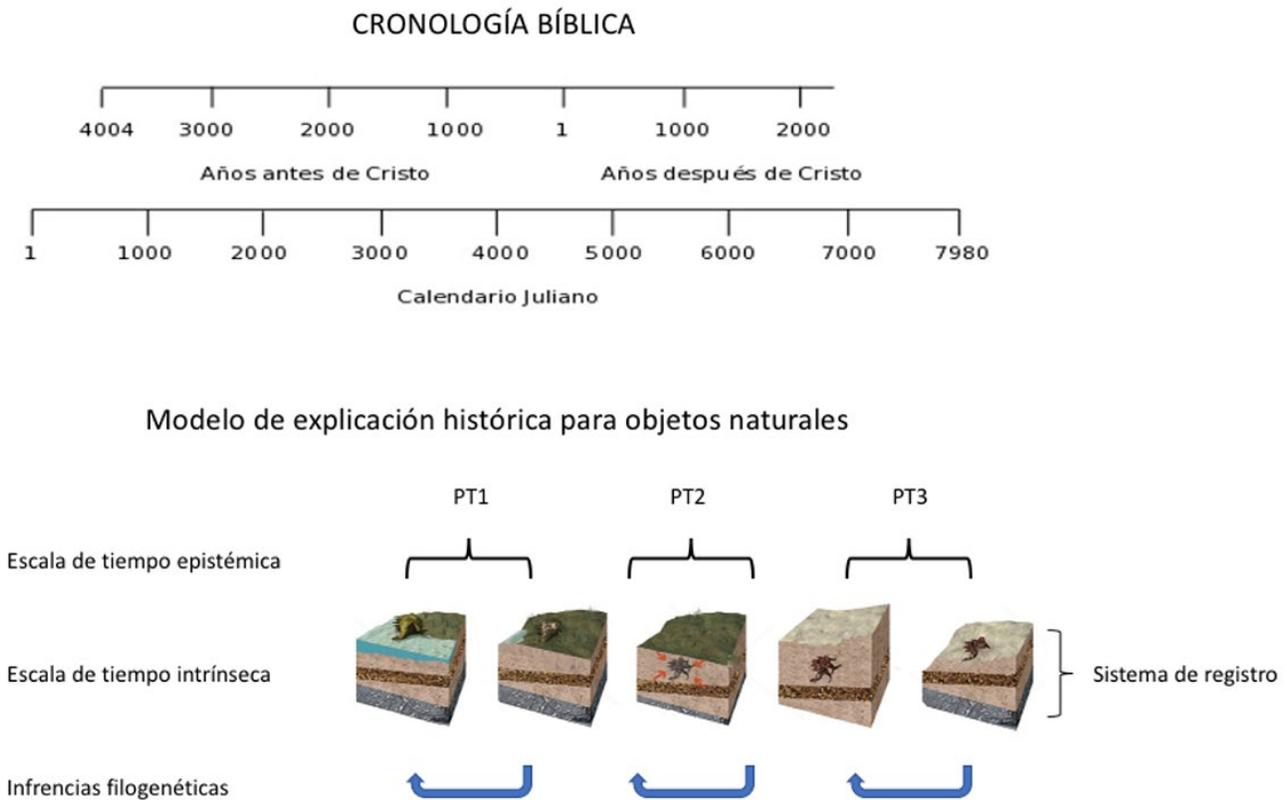
La producción de la escala epistémica en este caso está elaborada por medio del conjunto de elementos contingentes que constituyen la escala intrínseca. Estos elementos son constitutivos, y tienen un orden temporal determinado por los principios que regulan la formación de sedimentos bajo las tres leyes de Steno. Los elementos que nos hacen inferir genéticamente cada uno de los segmentos escalares de la escala epistémica parten de los restos fósiles identificados en el sistema de registro.

Fuente: Redibujada de *Encyclopædia Britannica, Inc.* Disponible en: <<https://www.britannica.com/science/geochronology/images-videos>>. [Fecha de consulta: 24 de febrero de 2021].

Las unidades de medida que componen las escalas de tiempo epistémicas toman sus valores a partir de la medición de un patrón observado en algún fenómeno físico y son adoptados por convención o por algún tipo de ley: estos patrones proporcionan una

unidad de tiempo a partir de un proceso físico constante, tal y como vimos en el relato histórico. De esta forma, el modelo de explicación histórica para objetos naturales de Steno se establece mediante la relación entre escala epistémica, intrínseca y sistema de registro representada en la figura 2.

FIGURA 2. Escala epistémica del modelo de explicación histórica para objetos naturales en Steno



Fuente: Elementos gráficos redibujados, provenientes de la *Encyclopædia Britannica*, Inc., en: <https://www.britannica.com/science/geochronology/images-videos>, y de Rudwick, *Earth's*, 2014.

Si bien en el modelo de Steno la escala de tiempo no está asignada al calendario juliano, los límites establecidos en ambos extremos de los procesos de fosilización no exceden el cálculo establecido por la tradición de cronólogos bíblicos. Las corcheas con las iniciales PT1, PT2 y PT3, son los procesos de fosilización emparentados causal y genéticamente uno con otro, es el proceso del cambio de una cosa en otra cosa. Esta línea de corcheas puede estar dividida en dos o más segmentos, dependiendo de los

procesos genéticos involucrados en la explicación histórica para objetos naturales, por ejemplo, en PT1, PT2 y PT3 están representados los tres momentos que suponen hipotéticamente lapsos geológicos que estuvieron involucrados en la fosilización de la concha descrita párrafos antes. Las flechas que corren en sentido contrario a la línea de tiempo representan las inferencias filogenéticas. Estas inferencias son las herramientas que permitieron por primera vez ordenar y reconstruir los procesos de

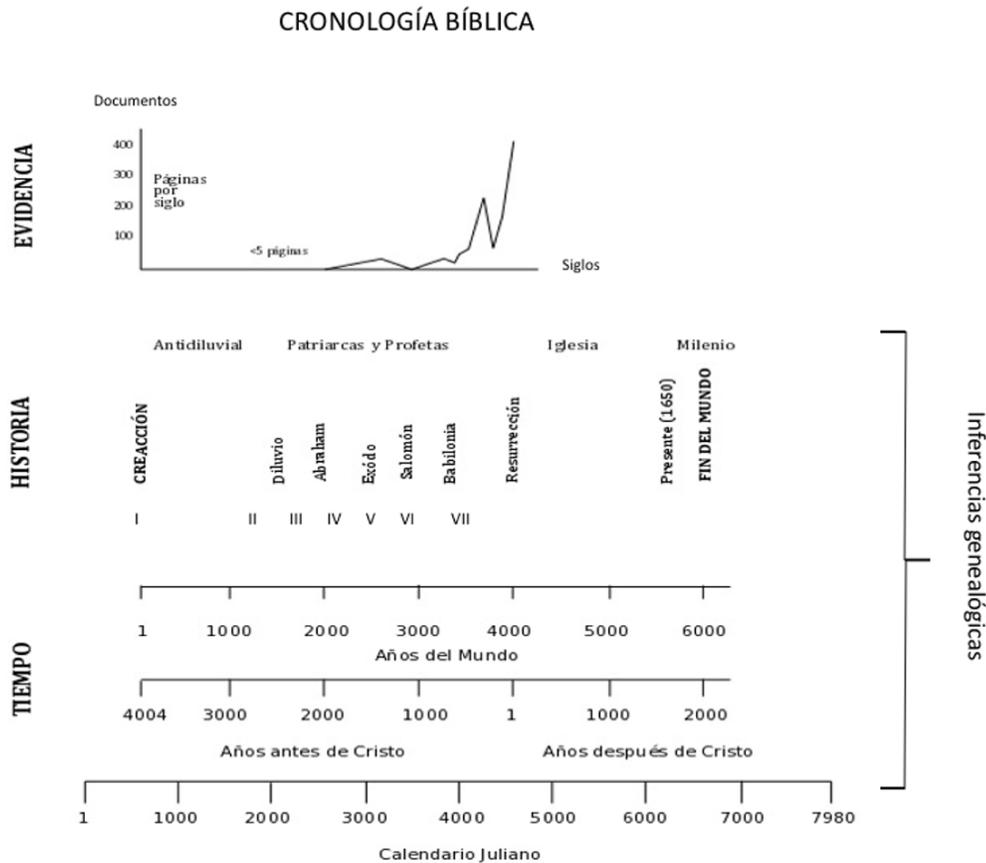
transformación por medio de sus relaciones causales, que, al igual que lo representado por las corcheas, fueron los elementos constitutivos para la elaboración de una primera escala de tiempo epistémica ordinal.

Progreso cognitivo de la medición científica

La historia presentada en torno a la disertación del origen de los fósiles y la postulación de las tres leyes geológicas generadas por Steno ponen de manifiesto un modo particular de progreso o crecimiento científico. En un trabajo publicado con anterioridad, expuse cuáles habían sido las dificultades conceptuales, epistémicas, metodológicas y cognitivas a las que

se enfrentaron los cronólogos bíblicos en su intento por establecer una escala temporal que les permitiera fechar de manera absoluta toda la historia humana, incluyendo el origen del mundo.⁵⁷ A juzgar por los mecanismos de medición que se comenzaron a desarrollar para calcular el tiempo histórico —desde la Antigüedad Tardía hasta mediados del siglo XVII—, observamos varias etapas en que diferentes artilugios fueron constituyendo paulatinamente un sistema cronológico que daría cabida a postular fechas exactas de eventos históricos importantes. Estos artilugios, que comenzaron con la elaboración de cronologías sin estándares de precisión homogéneos, se fueron mejorando hasta que finalmente se pudo determinar que el mundo había nacido el 23 de octubre del 4004 a. C., justo a las 5 de la tarde.

FIGURA 3. Escala de tiempo absoluta de James Ussher⁵⁹



Fuente: Redibujada a partir de: Rudwick, *Earth's*, 2014.

⁵⁷ Del Razo, "Análisis", 2019, pp. 231-267.

Entre los mecanismos metodológicos que fueron utilizados para obtener información confiable y relevante para el establecimiento de una escala de tiempo absoluta, destacan aquellos que permitieron observar ciertas regularidades empíricas dentro de los documentos en los que estaban apoyadas las cronologías bíblicas: la crítica de fuentes y el uso de tablas astronómicas. Se estableció que el desarrollo del conocimiento filológico y astronómico permitió por primera vez en el siglo xvii establecer puntos fijos dentro del calendario juliano, que a la postre permitió sincronizar en un mismo calendario la historia de la humanidad bajo el criterio de convergencia.

Por lo tanto, se mostró que cada nuevo desarrollo de los estándares de precisión en el acto de medir fue imperativo para el progreso del conocimiento métrico. Hasok Chang menciona que “El progreso puede significar muchas cosas, pero cuando se trata de la mejora de los estándares, hay algunos aspectos obvios que deseamos: la coherencia de los juicios alcanzados por medio del estándar en consideración, la precisión y confianza con las que se pueden hacer esos juicios, y el alcance de los fenómenos a los que se puede aplicar la norma. [...] Progreso pasa a significar una espiral de auto-mejora si se logra observar el principio del respeto”.⁵⁸ Considero la idea de autocorrección, o de iteración epistémica, como la llama Chang, como un proceso en el que las etapas sucesivas de conocimiento se crean a partir de la corrección de normas epistémicas anteriores, cuya finalidad fue potencializar el logro de ciertos objetivos epistémicos. En este caso, la elaboración de una escala epistémica absoluta basada en evidencia documental y astronómica mostró que en la medición del tiempo existe un proceso que involucra el desarrollo, la consolidación y el mejoramiento de aspectos conceptuales, instrumentales y matemáticos.

Hasta el siglo xvii hubo dos prácticas que socavaron el sistema de cronologías bíblicas: la primera fue de carácter interno al sistema documental y consistió en la creciente falta de correspondencia en las fechas registradas de un mismo evento en diferentes textos históricos. Esto significó debilitar uno

de los pilares epistemológicos básicos del sistema documental, ya que se fundamentaba en la idea de que en la comparación de diferentes documentos debían coincidir las mismas fechas, sin embargo, la creciente proliferación documental que ya había a finales del siglo xvii volvió imposible la sincronización de una misma fecha con base en diferentes documentos. Esto nos lleva a concluir que el desarrollo histórico de métodos cronológicos socavó sus propias bases, puesto que se hicieron evidentes las dificultades implícitas. Paralelamente, se empezó a formar la idea de que la Tierra tenía una historia geológica independiente de la historia humana descrita en los documentos. Esta separación entre la geología incipiente de la Tierra y la historia documental de la humanidad fue fundamental no sólo porque indicaba un error en la historia documental respecto a la historia de la Tierra, sino porque metodológicamente abría una inédita posibilidad para establecer la edad de la Tierra mediante consideraciones naturales, no documentales. De aquí concluyó que en esta época hay una especie de “transferencia” metodológica, —no sólo respecto a la edad de la Tierra, sino también a la edad de la humanidad— de métodos documentales a métodos naturales. En otras palabras, por primera vez se naturaliza la metodología para establecer escalas de tiempo naturalizadas: las suposiciones de procesos simples dictaron por sí mismas una elección de método.

CONCLUSIONES

En este artículo se presentó un análisis histórico-filosófico acerca de cómo y por qué durante el siglo xvii, y principios del xviii se comenzaron a minar los pilares del conocimiento cronológico por medio de los cuales tradicionalmente se calculaba la edad del mundo. El estudio dio cuenta de que dicho socavamiento se debió principalmente al cambio metodológico que consistió en estudiar por primera vez la historia de la Tierra a través de los objetos naturales y no por medio de los documentos. Lo que se expuso fue una parte de la génesis sobre cómo creció el conocimiento cronológico naturalizado, cuáles fueron las prácticas de medición que lo generaron, bajo qué recursos epistemológicos y metodológicos fue

⁵⁸ Chang, *Inventing*, 2004, p. 44.

apoyado, y en torno a qué criterios cognitivos fue progresivo. El estudio también muestra que las investigaciones acerca de la historia temprana de las ciencias históricas, así como aquellas que discuten el tema del progreso cognitivo dentro de la filosofía de la ciencia, deben tomar en cuenta el rol que ha tenido la medición científica en la consolidación de disciplinas como la geología, la arqueología o la biología evolutiva, y no sólo el análisis de las teorías, como tradicionalmente se hace. En los casos que he analizado, mostré que, sin la modelización de escalas de tiempo documentales y naturalizadas no podrían reconstruirse ordenadamente los eventos o procesos, ni mucho menos hacer explicaciones causales mediante inferencias genealógicas o filogenéticas. Por lo tanto, se mostró lo relevante que ha sido la reconstrucción de las características cognitivas involucradas en el desarrollo de sistemas de creencias complejas consideradas como conocimiento científico.

FUENTES

Bibliográficas

- Adams, Frank Dawson, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, Nueva York: Dover, 1954.
- Agricola, Georgius, *De Natura Fossilium*, Nueva York: Dover Phoenix Editions, 2013 (1.a ed. 1546).
- _____, *De Re Metallica* (traducción de Herbert Clark Hoover y Lou Henry Hoover), 1950 (1.ª ed. 1556), versión digital en: <<https://www.gutenberg.org/files/38015/38015-h/38015-h.htm>>.
- Barr, James, “Why the World Was Created in 4004 B.C.: Archbishop Ussher and Biblical Chronology”, en: *A lecture delivered in the John Rylands University Library of Manchester*, 1984, pp. 575-609.
- _____, “Pre-Scientific Chronology: The Bible and the Origin of the World”, en: *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 143, núm. 3, 1999, pp. 379-387.
- Burnet, Bishop, *History of His Own Time*, Libro I, cap. V, Londres, 1753.
- Chang, Hasok, *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*, (col. Oxford Studies in Philosophy of Science), Nueva York: Oxford University Press, 2004.
- Cutler, Alan H., *The Seashell on the Mountaintop: A Story of Science, Sainthood, and the Humble Genius Who Discovered a New History of the Earth*, Nueva York: Dutton (Penguin), 2003.
- _____, “Nicolaus Steno and the Problem of Deep Time”, en: *The Revolution in Geology from the Renaissance to the Enlightenment*, editado por Gary D. Rosenberg, Estados Unidos: Geological Society of America, 2010, pp. 143-148.
- Del Razo, Carlo, “Un análisis histórico-filosófico acerca de la medición del tiempo en las cronologías bíblicas”, en: *Revista Valenciana*, núm. 23, enero-junio de 2019, pp. 227-263.
- Gaukroger, Stephen, *The Emergence of a Scientific Culture Science and the Shaping of Modernity 1210-1685*, Nueva York: Oxford University Press, 2006.
- Goodrum, Matthew R., “Questioning Thunderstones and Arrowheads: The Problem of Recognizing and Interpreting Stone Artifacts in the Seventeenth Century”, en: *Early Science and Medicine*, vol. 13, núm. 5, 2008, pp. 482-508.
- Gould, Stephen J., *Time's Arrow. Time's Cycle*, Cambridge: Harvard University Press, 1987.
- _____, “Father Athanasius on the Isthmus of a Middle State: Understanding Kircher's Paleontology”, en: *Athanasius Kircher: The Last Man Who Knew Everything*, (edición de Paula Findlen), Londres: Routledge, 2004, pp. 207-238.
- _____, *The Lying Stones of Marrakech: Penultimate Reactions in Natural History*, Cambridge: Harvard University Press, 2011.
- Guillaumin, Godfrey, *El surgimiento de la noción de evidencia. Un estudio de epistemología histórica sobre la idea de evidencia científica*, México: UNAM, Programa Editorial de Coordinación de Humanidades, 2005.

- _____, *Raíces metodológicas de la teoría de la evolución de Charles Darwin*, México: Antrophos-UAM, 2009.
- _____, “De las cualidades a las magnitudes: la integración cognitiva de la medición en el surgimiento de la astronomía moderna”, en: *Signos Filosóficos*, vol. 14, núm. 28, julio-diciembre 2012, pp. 57-89.
- _____, *Génesis de la medición celeste. Una historia cognitiva del crecimiento de la medición científica*, México: UAM-I y Tirant Humanidades, 2016.
- Hooke, Robert, *Micrographia*, en: *The Project Gutenberg eBook*, 1665, version digital en: <<https://www.gutenberg.org/files/15491/15491-8.txt>> (consultado el 18 de noviembre de 2019).
- _____, *The Posthumous Works of Robert Hooke* (edición de R. Waller), London, 1705.
- Kitcher, Philip, *The Advancement of Science: Science without Legend, Objectivity without Illusions*, Nueva York: Oxford University Press, 1993.
- Kuhn, Thomas, *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 2006.
- Laudan, Larry, *Progress and Its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*, (ed. Routledge and Kegan Paul), Berkeley: University of California Press, 1977.
- Lesne, Annick, “Time Variable and Time Scales in Natural Systems and Their Modeling”, en: Christophe Bouton y Philippe Huneman (eds.), *Time of Nature and the Nature of Time. Philosophical Perspectives of Time in Natural Sciences*, (col. Boston Studies in the Philosophy and History of Science), Cham: Springer, 2017, pp. 55-66.
- Lyell, Charles, *Principles of Geology (1830-33)*, Estados Unidos: Chicago Press, 1990.
- _____, *The Geological Evidences of the Antiquity of Man*, (edición de John Murray), London: LTD, 1863.
- _____, *The Geological Evidences of the Antiquity of Man*, Londres, 1863, versión digital en: <<https://archive.org/details/geologicaleviden00lyelrich>> (consultado el 18 de noviembre de 2019).
- Nothhaft, C., “Noah’s Calendar: The Chronology of The Flood Narrative and the History of Astronomy in Sixteenth and Seventeenth-Century Scholarship”, en: *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, núm. 74, 2011, pp. 191-211.
- Richet, Pascal, *A Natural History of Time*, Estados Unidos: The University of Chicago Press, 2007.
- Rudwick, Martin J. S., *Bursting the Limits of Time: The Reconstruction Of Geohistory In The Age Of Revolution*, Estados Unidos: The University of Chicago Press, 2005.
- _____, *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory In the Age of Reform*, Estados Unidos: The University of Chicago Press, 2008.
- _____, *Earth’s Deep History: How It Was Discovered and Why It Matters*, Estados Unidos: The University of Chicago Press, 2014.
- Sissingh, W., *Rocky Roads from Firenze: History of Geological Time and Change 1650-1900*, Países Bajos: Utrecht Studies in Earth Sciences, 2012.
- Sober, Elliott, *Reconstructing the Past Parsimony, Evolution, and Inference*, (col. Bradford Books), Massachusetts: The MIT Press, 1988.
- Steno, Nicolaus, *The prodromus of Nicolaus Steno’s dissertation concerning a solid body enclosed by process of nature within a solid; an English version with an introduction and explanatory notes*, Londres: Macmillan And Company, 1916 (1.ª ed. 1668).
- _____, “Of time and change. Strata of the Earth”, en: *Man’s Discovery of his Past (1969)*, Robert Heizer Ed., Peek Publications, 1669, s/p.
- Wallraff, Martin, *Iulius Africanus Chronographiae*, Berlin/Nueva York: Walter de Gruyter, 2007.
- Wilcox, Donald, *The Measure of Times Past. Pre-Newtonian Chronologies and The Rhetoric of Relative Time*, Estados Unidos: The University of Chicago Press, 1987.