

LA EDAD DE LA TIERRA: EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA DE UNA CONTROVERSIDAD EN REFERENCIA A SUS PRINCIPALES PROTAGONISTAS

The age of the Earth: Chronology evolution of a controversy in reference to their principal protagonists

Jesús Duque Macías*

RESUMEN

Una de las cuestiones que más debates han provocado a lo largo de la historia de la geología ha sido, sin lugar a duda, la de calcular “la edad de la Tierra”. Este artículo hace un repaso de la evolución de diferentes especulaciones desde el siglo XVII hasta la actualidad. Para ello se describen 12 dataciones asociadas a otros tantos personajes representativos de diferentes épocas. Además de describir y valorar las dataciones, se han realizado unas breves reseñas biográficas de sus autores para enmarcarlos en su ámbito social. Así se hace patente como los antecesores directos de los actuales geólogos, de formación académica muy variada, se hicieron reflejo de los paradigmas imperantes en sus épocas y como en algunos casos utilizaron las innovaciones tecnológicas para determinar la edad de la Tierra.

ABSTRACT

One of the problems that more discussions have provoked throughout the history of the geology, it has been, without place to doubt, that of to calculate “the age of the Earth”. This paper makes a revision of the different speculations evolution from the century XVII until the present time. For this are described 12 measurements associated with other so many representative personages of different eras. In addition to describing and valuing the measurements, they have been accomplished some short biographical reviews of their/its authors to frame them in their/its/your/his social area. Such be makes patent as the direct predecessors of the current geologists, of very assorted academic training, were made reflex of the prevailing paradigms in their/its eras and as in some instances used the technological innovations to determine the age of the Earth.

Palabras Clave: Genealogía, superposición de estratos, tasa de sedimentación, termodinámica, radiactividad.

Keywords: Genealogy, strata overlapping, sedimentation rate, thermodynamic, radioactivity.

“Las rocas, como todo lo demás, están sujetas a cambios y por eso también lo están nuestros puntos de vista respecto a ellas.”

F. Y. Loewinson-Lessing

LA TIERRA NACE “AL ANOCHECER DEL SÁBADO 22 DE OCTUBRE DEL 4004 A.C.”. El Arzobispo James Ussher (1581-1656)

La tentativa más célebre, posterior al comienzo de la aplicación del método científico, para determinar la edad de la Tierra fue realizada por el Arzobispo anglicano James Ussher. En 1650 determina, con base a la genealogía descrita en el antiguo testamento, que la creación de la Tierra se produce exactamente “al anochecer del sábado 22 de octubre del 4004 a.C.”.

Ya el siglo XVI el propio Lutero fechó la creación en el año 4000 a.C, basándose en la interpretación literal de la Biblia. Colocaba el nacimiento de Cristo en el sexto día de la Creación, de manera que, no habiendo diferencia entre la historia del hombre y la edad de la Tierra, esta última no podía ser mayor de unos 6000 años

La laboriosa datación de Ussher fue publicada en 1658 e introducida como pie de página en la edición de 1701 de la Biblia inglesa permaneciendo en ella hasta 1900. En España hay textos en los que se conserva la geocronología bíblica en el siglo XX y es utilizada en algunas escuelas españolas hasta los años 30. No será la más científica de las dataciones, pero no cabe duda que fue la más precisa. Ahora, la estimación del Arzobispo, nos parece ridícula pero hay que pensar que en su época la Biblia era valorada, todavía, como un texto que expresaba la “verdad, indiscutida e infalible”. Así la información contenida en ella se consideraba suficiente para determinar la creación de la Tierra utilizándose su texto al pie de la letra, cosa que con precisión aplicó el Arzobispo. Una vez instaurada oficialmente esa fecha como origen de la Tierra, sucesivos naturalistas, irán descubriendo nuevas cuestiones sobre la historia de la Tierra. La presión oficial hace que los estudiosos tengan

(*) Departamento de Biología y Geología. IES Politècnic de Palma de Mallorca. c/ Menorca 1. Palma de Mallorca 07011. jduque@agloccem.com Tf: 971-734175. Presidente de la AGEIB (Associació de Geòlegs de les Illes Balears). Miembro del Grupo de Trabajo CTS de Palma de Mallorca.

miedo a contradecir esa fecha, por lo que se verán obligados a dictaminar una sucesión casi continua de catástrofes, para que en tan corto plazo de tiempo se pudieran generar la gran cantidad de formas y estructuras que en la actualidad aparecen en la superficie de la Tierra. Esta datación está por tanto en la raíz de las futuras controversias geológicas de los siglos XVIII y XIX, como la que mantuvieron los catastrofistas y los uniformistas.



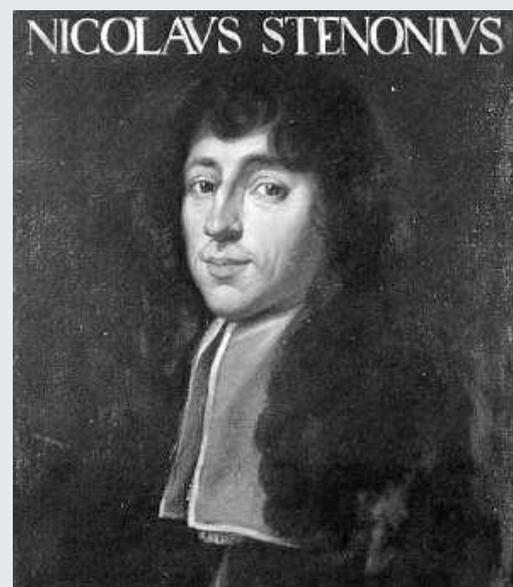
JAMES USSHER (1581-1656)

Fue uno de los eruditos y de los teólogos más grandes de su tiempo. De origen irlandés, ocupó el cargo de Arzobispo anglicano de Armagh en su tierra natal. Viajó por toda Gran Bretaña y Europa en busca de los manuscritos más antiguos, comprando unos y copiando otros. Después de su muerte, su extensa y valiosa biblioteca formó el núcleo de la que hoy es gran biblioteca de la Universidad Trinity de Dublín.

LOS FÓSILES COMO CLAVE DEL PASADO. Niels Stensen (Steno) (1638-1686)

Estudiando los estratos de las rocas sedimentarias, Steno, enuncia algunos de los grandes principios geológicos que todavía se utilizan para describir la sucesión temporal de las rocas sedimentarias. Una de las conclusiones más importantes fue que “los fósiles presentes en las rocas sedimentarias son contemporáneos con el depósito de las mismas”. Más adelante acabará extendiendo sus observaciones y enunciando un principio básico de la geología que dice “en una secuencia de estratos que se encuentran superpuestos son necesariamente más modernos los que se sitúan encima”. Este principio es conocido como el principio de la superposición de estratos y nos proporciona un sencillo mecanismo para determinar edades relativas de estratos, así podemos obtener una sucesión de acontecimientos, sa-

bemos que fue antes y que posterior. Este sencillo método se convierte en el primero, con base científica, que se aplica para poder medir edades a escala geológica, aunque estas sean relativas.



NIELS STENSEN (STENO) (1638-1686)

Médico, naturalista y religioso danés, más conocido como Nicolaus Steno, o simplemente Steno, forma latinizada de su nombre. Nació en Copenhague y murió en Schewerin. Fue médico de la Corte de Florencia, profesor de las Universidades de Leyden y París y el primero en establecer la ley de la constancia de los ángulos diedros en los cristales; descubrió el conducto excretor, que lleva su nombre, de las glándulas parótidas, que desembocan en la cavidad bucal. Realizó notables investigaciones embriológicas y experimentó en animales una oclusión de la aorta, a través de las paredes abdominales, con lo cual se quedan paralizadas las extremidades inferiores por anemia de la médula espinal.

Es curioso como una situación serendípica, ocurrida en octubre de 1666, hace que Steno cambie la anatomía por la paleontología. Unos pescadores franceses habían avistado un enorme tiburón (1700 kilogramos) frente a las costas de Livorno. El duque Fernando da la orden para que sea capturado y su cabeza enviada a Steno, para la realización de un estudio anatómico. Este estudio sobre la cabeza del tiburón Carcharias (en la época Canis Carcharias o perros marinos) hace que se fije en los dientes y en un destello de creatividad los compare con las conocidas por entonces como glosopetras o lenguas de piedra, y que él tenía procedentes de la isla de Malta. Esas glosopetras eran dientes fósiles de tiburones, en concreto del Carcharodon. Este descubrimiento debió emocionarle ya que siguió trabajando en ese sentido, avanzando en el estudio de los depósitos de conchas y la estructura geológica de la Toscana, hasta concluir con sus famosos principios.

LA SEDIMENTACIÓN COMO INDICADOR DE LA EDAD DE LA TIERRA. Robert Hooke (1635-1703)

Gran naturalista de su tiempo, contemporáneo de Steno, describe los fósiles como restos o marcas de seres vivos que han sido preservados en las rocas. Sus observaciones son muy precisas ya que utiliza el microscopio que él mismo acaba de mejorar. El tratamiento científico que utiliza Hooke es serio y equilibrado entre las observaciones de campo y de laboratorio. En sus propias palabras: "*Fossils are the Monuments and Medals of earlier ages from which the history of the earth can be reconstructed, just as the history of mankind is studied through human remains.*"

Hooke fue también el primero en considerar que los sismos y demás movimientos telúricos eran el mecanismo por el que las rocas con fósiles marinos pudieron ascender hasta colocarse en lo más alto de las cadenas montañosas.

Va más lejos que Steno en sus apreciaciones, de tal forma que efectuando unos ingeniosos y relativamente sencillos cálculos pudo contradecir, a grandes rasgos, la datación de James Ussher.

Parte de la determinación de una tasa de sedimentación TS (centímetros de sedimentos depositados por año), es decir la velocidad con la que se acumulan los materiales sedimentarios. Conociendo la potencia (espesor) total de los sedimentos (PTS) que se han depositado en la Tierra, la determinación de su edad sería el tiempo que ha tardado en depositarse todo el material considerado. Así, la edad de la Tierra vendría dada por la relación PTS/TS, donde PTS sería el resultado de calcular la potencia total de sedimentos que se han depositado a lo largo de la historia de la Tierra y TS, una velocidad media de acumulación. Aunque fue consciente que no podía afinar demasiado, Hooke llega a la conclusión de que la Tierra debe tener, al menos, algunos centenares de millones de años desde su origen. Lo que estaba en total desacuerdo con lo propuesto por Ussher.



ROBERT HOOKE (1635-1703)
Científico y filósofo inglés, nacido en Freshwater, isla de Wight y muerto en Londres. Según sus biógrafos, la infancia de Hooke es la de un niño enfermizo que apenas puede salir de su ca-

sa, la de un sacerdote. Es su padre el que le educa en la desolación de la costa rocosa frente al borde occidental de Escocia.

Posteriormente, en sus estudios fue apadrinado por el conocido químico Boyle, con el que colaboró como ayudante sobre todo construyendo aparatos de laboratorio, como fue una campana para realizar el vacío.

Fue profesor de Oxford y miembro y secretario de la Real Sociedad Científica de Londres. Estudió la gravedad, la traslación de la Tierra alrededor del Sol, la rotación de los planetas, la propagación de la luz, la función del oxígeno en la combustión y en la respiración y otras muchas cuestiones. Estableció en elasticidad la ley que lleva su nombre, según la cual la deformación es directamente proporcional al esfuerzo que soporta: Tu tensio sic vis. Para ilustrar su obra Micrographia (1665), dedicada al microscopio, examinó delgadas láminas de corcho, cuya estructura celular descubrió, y fue el primero en utilizar el término célula (celdilla).

Para algunos autores es el mecánico más notable de su tiempo, inventando diversos instrumentos como el barómetro de cuadrante, un termómetro de alcohol, un cronómetro mejorado, el primer higrómetro, un anemómetro y un "reloj" para registrar automáticamente las lecturas de sus diversos instrumentos meteorológicos.

PRIMER INTENTO DE LABORATORIO. Goerges Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1788)

Nuevas tentativas fueron realizadas en base a otros principios científicos obteniéndose resultados que muchas veces no cuadraban con ninguno de los que en ese momento estaban en debate, provocando mayor confusión, si cabe, en las discusiones. Este es el caso del Conde de Buffon, que realizó una experiencia en la que colocó una bola construida por los diversos materiales, que supuestamente forman la Tierra, en un horno con la intención de fundirla. Después determinó el tiempo de enfriamiento de dicha bola y extrapoló los datos obtenidos para la Tierra. El resultado daba una edad para la Tierra cercana a los 75.000 años. Aunque utilizó varios presupuestos erróneos éste fue el primer intento de datación pura, mediante la experimentación en laboratorio. Es curioso que los primeros resultados de Buffon fueron de aproximadamente 3 millones de años que después retocó, mediante manipulación de sus cálculos, para ir bajando esa cifra hasta los mencionados 75.000 años. Este fraude estuvo provocado sin lugar a dudas por la influencia de la Iglesia, que consideró que si ofrecía una cifra superior a esos 75000 años caería en herejía. Esta idea de datar la edad de la Tierra por el tiempo de enfriamiento, suponiendo que en su origen se encontraba fundida fue posteriormente utilizada por Lord Kelvin, produciendo uno de los episodios más desagradables de los enfrentamientos entre científicos.



GOERGES LOUIS LECLERC,
CONDE DE BUFFON (1707-1788)

Naturalista y escritor francés, nacido en Montbard y muerto en París. Fue uno de los más ilustres sabios de su siglo. Al ser nombrado intendente del jardín real, el famoso Jardin des Plantes, empezó a ocuparse de la Historia Natural, entendida por él no en el sentido sistemático de Linneo, contra el que intentó polemizar, sino en el sentido descriptivo y literario de Plinio, a quien tomó como modelo para sus publicaciones.

Su Historia Natural, en 36 tomos, obra a la que consagró el resto de su vida, es un verdadero monumento de ciencia, y está escrita en un estilo fluido y brillante, por lo que constituye uno de los mejores ejemplos de literatura científica. Los tres primeros tomos se publicaron en 1749, y el último un año después de la muerte del autor. Aunque no se adscribió a ninguna teoría evolucionista particular, reconoció que las especies experimentan variaciones. A él se debe la conocida frase "El estilo es el hombre", pronunciada en su discurso de recepción en la Academia Francesa, en 1753. Fue el primer hombre de ciencia que emitió la hipótesis dual del origen de los planetas, esto es, que se habrían formado por el choque del Sol con otra estrella.

La Academia Francesa lo acoge como miembro suyo en 1753, sin que Buffon hubiera presentado candidatura. Algunos académicos consideraban las obras del Conde más cercanas al campo de la estética que a lo científico. Son conocidas algunas frases pronunciadas en su discurso de ingreso en la Academia de título "Discours sur le style". En él define el estilo: "Estas cosas (los conocimientos) están fuera del hombre, pero el estilo es el hombre mismo" y las bellezas que encierra son "más preciosas para el espíritu humano que las que puedan constituir el fondo del asunto". Esta es la única vez que Buffon dedica una obra a materias ajenas a su específico campo de estudio y va dedicado más que a literatos a científicos que escriben o desean escribir.

POSICIONAMIENTO de James Hutton (1726-1797) y Charles Lyell (1797-1875)

En los comienzos del siglo XIX, la edad de la Tierra se convierte en un problema tabú para los naturalistas que se dedicaban a la geología. James Hutton, para no entrar en el debate cuando era preguntado por la cuestión, decía que no había nada que decir de eso "no hay vestigios de un inicio y no hay perspectivas de un final". Con esto evitaba provocar otra controversia más, en la que parece ser que no estaba dispuesto a entrar. Aunque desacreditaba la datación de Ussher, todavía por entonces válida en muchos ambientes sociales.

Una posición parecida toma Charles Lyell, diciendo que la edad de la Tierra no forma parte del ámbito de sus investigaciones y que los presupuestos en los que se basan dichas especulaciones no son válidos, pues, por ejemplo, no había evidencias de que la Tierra se hubiese enfriado a velocidad constante. Estas concepciones de negación de Lyell se enmarcan en las bases ideológicas del Uniformismo, según las cuales "el presente es la clave para comprender el pasado", y por tanto a partir de la observación de los fenómenos actuales podemos reconstruir el pasado. Así las formas de la Tierra actual eran consecuencia de un continuo transcurrir de ciclos de erosión de cadenas montañosas, sedimentación, levantamiento y nueva génesis de cadenas montañosas.

Aunque estos dos grandes precursores de la geología moderna no entraran a fondo en el tema de la edad terrestre, la cuestión no dejó nunca de suscitar interés y de provocar intensas discusiones.



JAMES HUTTON (1726-1797)

Geólogo y químico escocés, nació y murió en Edimburgo. Asistió a las universidades de Edimburgo, París y Leiden. Fue aprendiz de abogado, pero el abogado que lo tenía a su cargo le recomendó que debería elegir una profesión con la que congeniase más. Así, el joven aprendiz eligió la medicina al ser lo más semejante a su materia favorita, la química.

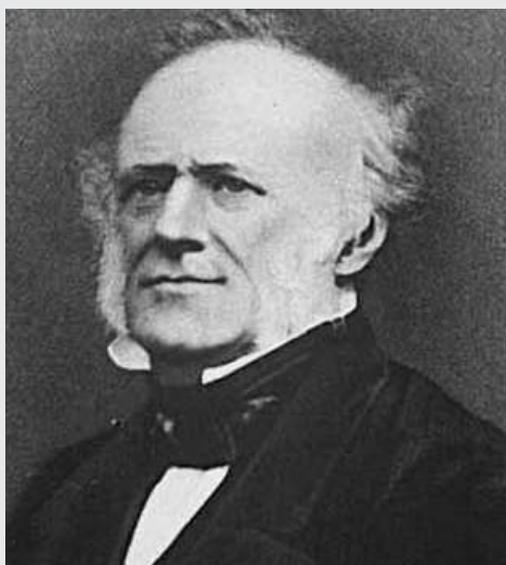
Estudió durante tres años en Edimburgo y completó sus estudios médicos en París, volviendo por los Países Bajos y doctorándose en Leiden en 1749. Encontró difícil llevar a cabo ninguna

operación quirúrgica, por lo que abandonó la medicina y, habiendo heredado una pequeña propiedad en Berwickshire de su padre, decidió dedicarse a la agricultura.

Fue a Norfolk para aprender el trabajo práctico en una granja, y de paso viajó por Holanda, Bélgica y el norte de Francia. Durante estos años comenzó a estudiar la superficie de la Tierra, bosquejando en su mente el problema al cual dedicaría más tarde todas sus energías.

Trabajó como químico agrícola y después como mineralólogo y geólogo. Escribió "Theory of the Earth", donde desarrolla el principio de las causas actuales que después serviría de base para los trabajos de Lyell. Es famoso por rechazar la hipótesis del catastrofismo. Fue el jefe de la escuela plutonista, opuesta a la neptunista del alemán Werner. En la agricultura experimental descubrió la sosa cáustica.

Es por su "Theory of the Earth" por lo que Hutton será recordado siempre mientras la geología siga practicándose. El estilo del autor fue sin embargo demasiado oscuro, su obra no atrajo la atención demasiado durante su vida. Afortunadamente para la ciencia Hutton contaba entre sus amigos con John Playfair, profesor de matemáticas en la Universidad de Edimburgo, el cual divulgó con entusiasmo las ideas de Hutton en claras exposiciones. Cinco años después de la muerte de Hutton publicó un volumen, "Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth", en el cual exponía un admirable resumen de la teoría, con numerosos argumentos e ilustraciones adicionales. Este libro es una de las contribuciones clásicas a la literatura geológica.



SIR CHARLES LYELL (1797-1875)

Geólogo escocés, nació en Kinnordy (en la actualidad Angus) y murió en Londres.

Desde su niñez Lyell mostró una fuerte inclinación hacia la historia natural, en especial hacia la

entomología, una afición que desarrolló en Bartley Lodge en New Forest, donde su familia se trasladó al poco de su nacimiento.

En 1816 se matriculó en derecho en el Exeter College, Oxford, donde las clases del Dr Buckland condujeron su atención hacia el estudio de la geología. Después de graduarse en 1819 se matriculó en el Lincoln's Inn, y en 1825, después de un retraso causado por una enfermedad crónica en sus ojos, le llamaron a filas y estuvo en la guerra por dos años. Durante este tiempo su vida fue lentamente aproximándose hacia la vida de estudiante de ciencia.

En 1826 fue elegido miembro de la Royal Society, la cual años más tarde le condecoraría con las medallas reales; en 1827 abandonó de forma oficial la profesión y se dedicó a la geología.

Realizó largos viajes por Europa y América del Norte. Tomando como base los trabajos de Hutton estableció las ideas del uniformismo, según el cual los procesos naturales han sido idénticos en toda la historia de la Tierra. Se opuso a la propuesta catastrofista de Couvier. Mejoró la escala geocronológica y dividió los terrenos terciarios en eocénicos, miocénicos y pliocénicos, según la cantidad de especies de moluscos actuales en ellos existentes. La enorme amplitud de los tiempos geológicos, por él establecida, contribuyó a la aceptación del evolucionismo en biología, teniendo una influencia decisiva en su amigo Charles Darwin. Escribió la paradigmática obra "Principios de Geología" (1830-33), otras obras destacables son "Elementos de Geología" (1838) y "Antigüedad del hombre" (1863). Nombrado sir en 1848 y barón en 1864, falleció el 22 de febrero de 1875.

El punto de vista de Lyell difería del de Hutton y fue el primero en exponer la idea que tenemos hoy en día como Uniformismo, a menudo resumida en la frase "el pasado es la llave del presente".

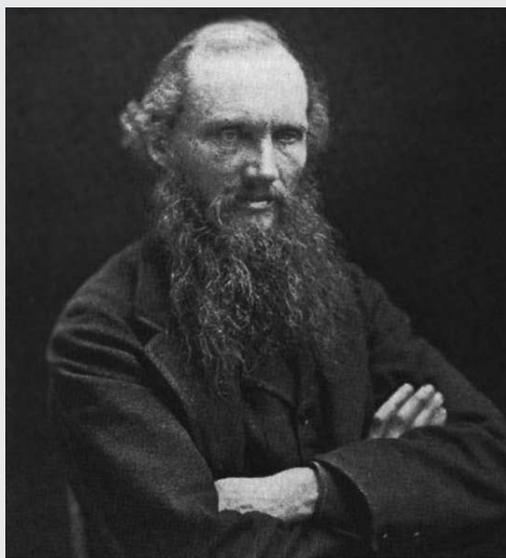
Entre 1831-1833, Lyell fue profesor de geología en el King's College, Londres. En 1832 se casó con Mary (1809-1873) la hija mayor de Leonard Horner, y desde entonces ella apareció asociada con él en todos sus trabajos, y por sus cualidades sociales hizo de su casa un centro de atracción.

LOS SABIOS TAMBIÉN SE EQUIVOCAN: William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907)

En un momento determinado del siglo XIX se llegó a considerar, por parte de la comunidad científica, resuelto el problema. Esta resolución (o casi resolución) había sido presentada por Lord Kelvin en 1862, época en la que ya estaba considerado como una eminencia. Basándose en las leyes de la conductividad térmica y el segundo principio de la termodinámica, descubierto por él mismo, admite que la Tierra se ha enfriado a un ritmo constante. Así, determinando la constante de conductividad térmica de los materiales terrestres y admitiendo que la Tierra se formó a partir de material rocoso en estado de fusión, Lord Kelvin determinó la edad de la Tierra.

Los datos iniciales que utiliza son una supuesta temperatura inicial de 3870°C, de una conductividad térmica promedio de las rocas que constituyen la Tierra (media), un gradiente geotérmico medio de 33°C/km, y un modelo de enfriamiento por conductividad, llegando en el citado año de 1862 a la cifra de 99 millones de años.

La claridad y pureza del razonamiento empleado, además de un soporte matemático intachable, hacía muy difícil rebatir los valores aportados por Lord Kelvin. En una primera corrección determina una edad cercana a los 70 millones de años, lapso de tiempo totalmente insuficiente para los naturalistas que apoyaban la evolución de las especies y que intentaban correlacionarlas con los fósiles. Kelvin realizó diversos cambios en sus fórmulas de tal manera que una modificación le llevó a datar la Tierra en 24 millones de años. Esto provocó un gran impacto en los naturalistas, que desprovistos de capacidad matemática se encontraban en inferioridad para poder rebatir los datos de Kelvin. Éste, encumbrado socialmente, ridiculizó en repetidas ocasiones a los naturalistas, a los que de alguna forma trataba de "pisaterrones". Pero como veremos más adelante las evidencias le forzarán a ampliar su datación hasta admitir una edad máxima de 100 millones de años, cifra que también acabaría resultando ridícula.



WILLIAM THOMSON, LORD KELVIN
(1824-1907)

Físico británico, nacido en Belfast (Irlanda) y muerto en Netherhall (Escocia). Con apenas veinte años destacó por sus investigaciones originales sobre matemática pura y física matemática. En 1846 tomó posesión de su cátedra en la Universidad de Glasgow, donde enseñó por espacio de cincuenta y tres años. En 1851 publicó su tratado sobre la "Teoría dinámica del calor", que le coloca entre los fundadores de la Termodinámica, y donde definió la temperatura absoluta por una escala independiente de todo cuerpo termométrico y descubrió el cero absoluto. Pu-

blicó numerosos estudios teóricos sobre la electricidad, la elasticidad, la termoelectricidad, la física del globo y sobre las mareas (llegó a inventar un curioso artefacto para predecirlas). Fue además un ingenioso inventor, como lo prueba el refrigerador que lleva su nombre, el galvanómetro de espejo y el electrómetro de cuadrantes; desde 1855 se dedicó al estudio de la telegrafía por cables submarinos y creó los aparatos de transmisión, recepción y medida que hoy conocemos. Obtuvo un gran reconocimiento social como lo muestra el hecho de que primero fuese nombrado Sir y en 1892 su tratamiento fuese de Lord, con lo que su nombre completo pasó a ser: Sir William Thomson, lord Kelvin of Largs.

LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN: Charles Doolittle Walcott (1850-1927)

En el siglo XIX se considera necesario para medir el tiempo encontrar sistemas cíclicos o bien progresivos con tasas de variación constantes y del cual se conozcan los estados inicial y final. Así en esa época se desarrollaron cuatro metodologías para calcular la edad de la Tierra: dos de ellas basadas en cálculos físicos y astronómicos (enfriamiento de la Tierra y la física orbital), y dos basadas en observaciones de procesos geológicos (tasas de sedimentación, la química de los océanos y tasas de erosión). Todos ellos produjeron gran diversidad de resultados.

Una vez considerada la datación física de Lord Kelvin, es interesante tener en cuenta la de Walcott. Este geólogo estudia el Gran Cañón del Colorado, por lo que trata una de las columnas estratigráficas más completas del mundo. No es raro que basándose en la potencia de los estratos geológicos observables en Estados Unidos, y suponiendo una velocidad de sedimentación constante de 1 metro por cada 9.483 años, calculó en 1893 la edad de la Tierra en 55 millones de años.

En 1860, John Phillips con un método similar tasó la edad terrestre en 96 millones de años.



CHARLES
DOOLITTLE
WALCOTT
(1850-1927)

Paleontólogo, nace en New York Mills, Nueva York el 31 Marzo de 1850. Marcado por la muerte de su padre cuando contaba dos años, estudió en diversas escuelas públicas de Utica, Nueva York (parece ser que no llegó a terminar la enseñanza secundaria). Su familia se dedicaba al negocio

del algodón. Conoció de forma fortuita a un conservador retirado del New York State Museum, que se traslada a vivir a Utica y que le inicia en el conocimiento de los fósiles. En 1870 realiza un trabajo geológico de la parte central del mencionado estado. En el año 1873 conoció al profesor Agassiz quien impresionó a Walcott con la importancia del estudio de los trilobites. En 1876 pasa a ser asistente de James Hall, geólogo estatal, y en 1879 fue nombrado geólogo auxiliar del USGS (United States geological survey). Con este cargo trabajó en Utah y Nevada, donde investiga la geología del Cañón del Colorado. A partir de 1884 dedica su atención al estudio del Cámbrico. Poco a poco se transforma en un gran paleontólogo especialista en trilobites, datando bioestratigráficamente el paleozoico inferior y realizando importantes contribuciones al desarrollo de la paleobiología. Paralelamente desarrolla una febril actividad administrativa y política.

En 1907 fue nombrado cuarto secretario de la Smithsonian Institution que él convertirá en una de las instituciones más prestigiosas del mundo. Paralelamente a la dirección de esa institución pertenece a dos comités nombrados directamente por el presidente Theodore Roosevelt. Walcott trabajó duro y durante mucho tiempo en la estratigrafía y paleontología de Banff, Alberta. Sus dos contribuciones más importantes son las investigaciones geológicas alrededor de Monte Robson, la parte más alta de las Rocosas Cámbricas y la de encontrar el yacimiento de Burgess Shale y su increíble biota (en la fotografía aparece en este yacimiento). En definitiva, personaje clave en la evolución de las ciencias geológicas en Estados Unidos tanto a nivel científico como en el ámbito administrativo. Sociológicamente es curioso como un personaje con una baja formación académica termina en las más altas instancias.

EL SEGUNDO HIJO DE CHARLES DARWIN UTILIZA CÁLCULOS ASTRONÓMICOS

Georges Darwin es conocido por haber emitido la hipótesis de la fisión o segregación para la génesis de la Luna, que suponía que ésta se desgajó de una Tierra primitiva y que la sutura es la cuenca del actual océano Pacífico. Fue un gran estudioso de las órbitas terrestre y lunar, además se especializó en el estudio de las influencias en el sistema Sol-Tierra-Luna. Precisamente el estudio de acople de órbitas y las deformaciones producidas por las mareas sirvió como base a este profesor para realizar unos cálculos sobre la edad de la Tierra, que dió no como fija sino como límite mínimo, así admite que la edad mínima de la Tierra debe ser de 65 millones de años. Este dato lo publica en 1898. Como comentario, decir que aunque esta datación no disfrutó de mucha popularidad la verdad es que es cierta, ya que la Tierra tiene más de 65 millones de años.

GEORGE DARWIN (1845-1912)

Nació en Downe, Kent, y murió en Cambridge Inglaterra. Fue el segundo hijo de Charles Darwin. En 1883 en nombrado profesor de astronomía y filosofía experimental en la Universidad de Cambridge.

Astrónomo, se interesó por la influencia de las mareas en los planetas. Usó los métodos introducidos por Laplace y Thomson. Fue muy criticado por considerar que el juego de las fuerzas centrífugas y centrípetas fueron las causantes de la formación de la Luna. También estudió la estabilidad de fluidos en rotación.

Aunque ninguna de las conclusiones de Georges Darwin son aceptadas hoy día, es interesante destacar que fue el primero en aplicar las técnicas matemáticas al estudio de la evolución del sistema ternario formado por el Sol-Tierra-Luna. Socialmente fue reconocido por lo que fue nombrado Sir.

LA SAL MARINA, UN INTENTO FALLIDO: John Joly (1857-1933)

Los seguidores de Kelvin se vieron inesperadamente apoyados por otras pesquisas ajenas a su ambiente y aparentemente independientes que apuntaban valores próximos a los del Lord. En 1899, John Joly (de la Universidad Trinity de Dublín) utiliza la cantidad de sal existente en los mares para determinar la edad de la Tierra. La idea era que todo el sodio presente en los mares provenía de la erosión de los materiales continentales y de la suposición que no se perdía del mar, por lo que habría habido una acumulación constante. Así, determinando la cantidad de sal que la erosión de los continentes disuelve anualmente y manda al mar, y por otra parte estimando la salinidad del mar en la actualidad, se puede obtener la edad de la Tierra. Sus valores apuntaban hacia edades comprendidas entre 80 y 90 millones de años. Estos resultados eran coincidentes con las primeras cifras presentadas por Kelvin. La coincidencia con los valores obtenidos por Lord Kelvin es un buen ejemplo de que llegar al mismo resultado por dos métodos distintos no garantiza la veracidad del resultado.

Este sistema aparentemente válido fue duramente criticado, primero porque suponía que el agua oceánica en su inicio era toda dulce. Incluso Joly no supo responder cuando le preguntaron sobre la cantidad de sal que puede perder el océano por deposición o por los vientos que llevan sal a los continentes. Además la acumulación de sal en los mares se suponía constante, cosa que también estaba en tela de juicio.

JOHN JOLY (1857-1933)

Está considerado como una de las mentes científicas irlandesas más fértiles. Nace en Bracknagh y muere en Dublín. Se graduó y ejerció toda su

vida laboral como profesor de la Universidad Trinity de Dublín. Trabajó en los departamentos de ingeniería y de física, hasta que en 1897 se convierte en profesor de geología y mineralogía puesto que ocuparía hasta su muerte. Inventó varios instrumentos de utilidad en mineralogía. Colaboró con Ernest Rutherford en el estudio de los minerales radioactivos. Son destacables sus aportes prácticos, como fue la aplicación de la radiación para el tratamiento del cáncer. En 1894, patentó el primer método para obtener fotografías en color de una sola placa.

SE ABREN LAS PUERTAS DE LA RADIOACTIVIDAD: Ernest Rutherford (1871-1937) y Bertram Boltwood (1870-1927)

Nos encontramos, pues, al inicio del siglo XX, cuando se producen los primeros estudios sobre la radioactividad. Descubierta en 1896 y explicada plenamente por Rutherford entre 1902-1903. Representaba una posible nueva fuente de calor interno terrestre. Así la edad de la Tierra estimada por Lord Kelvin sufría un fuerte revés, ya que la tasa de enfriamiento que éste determinaba a partir de la conductividad térmica podría ser demasiado rápida, ya que la acción radioactiva de los elementos del interior terrestre aportarían calor, lo que produciría un ritmo de enfriamiento más lento. Algunos autores de la época se llegaron a plantear que, en vista del nuevo descubrimiento, tal vez la Tierra no se estaba enfriando, sino que se podría mantener más o menos en equilibrio térmico o incluso pudiera que se estuviese calentando.

Pero la radioactividad conllevaba una sorpresa más, ya que se podía convertir en un importante mecanismo para determinar dataciones de materiales terrestres. Si los elementos químicos mediante la radiactividad se transforman unos en otros y ese cambio se realiza a velocidad constante, podremos conocer el tiempo que tarda en transformarse un elemento determinado en otro, es lo que se llama periodo de semidesintegración. De esta forma, si en una roca conocemos la cantidad de un elemento que se ha desintegrado en otro, podremos determinar con mucha precisión su edad.

Fue el mismo Rutherford junto con Bertram Boltwood, quienes realizaron las primeras dataciones basadas en este método. Las estimaciones iniciales, utilizando la desintegración de Uranio en Plomo daban unas edades de unos 570 millones de años para algunas rocas, cifra muy por encima de las previstas por Lord Kelvin. Estos datos empezaban a dar aliento a los naturalistas evolucionistas, que comenzaban a tener tiempo para instalar sus líneas filogenéticas, aunque todavía no disponían de todo el tiempo que ellos necesitaban, que según sus apreciaciones deberían superar los 1000 millones de años, cifra que Kelvin tachaba cuando menos de disparatada. Por su parte Kelvin nunca dio validez a las dataciones mediante la radioactividad.

El momento culminante llegó cuando en 1907 los mismos autores dataron rocas con edades cercanas a los 2200 millones de años, con el regocijo comprensible por parte de los naturalistas. Por desgracia, ese año fallece Kelvin, con lo que nos quedamos sin conocer la reacción que pudo haber tenido el arrogante Lord, a la luz de los nuevos datos. Es curioso como un físico provoca uno de los mayores enfrentamientos con los naturalistas y otros físicos fueron los que zanjaron el problema. Un descubrimiento en la física como fue el segundo principio de termodinámica provoca el problema que resuelve otro descubrimiento físico como fue la radioactividad.



SIR ERNEST RUTHERFORD (1871-1937)

Famoso hombre de ciencia inglés que puede considerarse como el fundador de la física y química nuclear. Nació en Nelson, Nueva Zelanda y murió en Inglaterra, siendo enterrado en la Abadía de Westminster. Profesor primero de Física en Montreal (Canadá), luego en Manchester y desde 1919 en Cambridge. Premio Nobel de Química en 1919. Fue elevado a la nobleza en 1931.

BERTRAM BORDEN BOLTWOOD (1870-1927)

Químico y físico americano, nacido en Amherst, Massachusetts. Se graduó en la Escuela Científica de Sheffield, Yale en 1892. Perfeccionó sus estudios en Leipzig y Yale hasta 1897. Fecha a partir de la cual daría clases en Yale hasta su muerte, de 1910 a 1927 como profesor de radioquímica. Fue un experto en técnicas y aparatos de laboratorio. Realizó importantes investigaciones sobre elementos radioactivos, descubriendo el ionium, un isótopo del torio, pero que él creyó un nuevo elemento. También es reconocido por su datación de rocas.

La radioactividad: Descubierta por Becquerel en 1896. El principio de la determinación de edad por métodos isotópicos es simple: si un isótopo radioactivo P da origen a isótopos radiogénicos H a una velocidad constante, medible, entonces de la proporción entre P y H se puede deducir una edad de comienzo de operación del sistema. Premisas necesarias para la aplicación del método es que la cantidad inicial de H sea conocida, que el sistema haya sido cerrado para P y H desde su origen y que la constante de desintegración sea constante en el tiempo. De esta manera numerosos sistemas isotópicos pueden usarse para determinar la edad de rocas y minerales: K-Ar, ^{40}Ar - ^{39}Ar , Rb-Sr, Nd-Sm, Ru-Os, U-Pb, por mencionar sólo algunos. Una impresionante inversión en tecnología y en laboratorios especializados apoyan con estos métodos la incesante necesidad de los geólogos de determinar la edad de las rocas.

LA PRINCIPAL APORTACIÓN DEL SIGLO XX: Claire C. Patterson (1922-1995)

El método de datación mediante elementos radioactivos se ha ido mejorando con los años y actualmente las rocas más antiguas encontradas en nuestro planeta, procedentes de Groenlandia, han sido datadas en unos 3800 millones de años. Pero, claro está, estas son edades de las rocas, por tanto el origen de nuestro Planeta debe ser anterior.

En 1953, Claire Patterson tiene una idea para poder datar la Tierra en su conjunto y no solamente la de una determinada roca. Para lograrlo fabrica una muestra de minerales de plomo y de sedimentos que, utilizando varios parámetros, considera representativa de la Tierra en su globalidad. De esta forma obtiene la isocrona de 4500 ± 300 millones de años. Posteriormente en 1956 volvió a realizar la datación, subsanando algunos problemas y consiguió una edad más específica: 4550 ± 70 millones de años. Uno de los apoyos más importantes de esta datación han sido los meteoritos, en concreto los condritos (material que se considera contemporáneo al origen de la Tierra, ya que la agregación de estos debió formar todos los planetas del Sistema Solar) se encuentran en el mismo intervalo de edad que el obtenido por Patterson. Esto implica aceptar la hipótesis de los planetesimales según la cual el material que forma los condritos y la Tierra es común. También se han datado rocas de muestras lunares con edades superiores a los 4000 millones de años.

Como curiosidad, añadir que Patterson después de haber utilizado isótopos de plomo intensamente en sus estudios, se acabó convirtiendo en un acérrimo defensor de la no-utilización masiva del plomo por parte de los países industrializados. Hasta el punto que este mismo autor es el responsable de la aparición de los combustibles sin plomo que utilizamos en la actualidad.



CLAIRE C. PATTERSON (1922-1995)

Geoquímico norteamericano. Nacido en Des Moines, Iowa, murió en Santa Rosa, California. Realizó la licenciatura de químicas en el Grinnell College de Iowa, in 1943, completando la tesis doctoral en 1953 en la Universidad de Chicago bajo las órdenes de Harrison Tostar. Cuando muere es profesor emérito de geoquímica en el California Institute of Technology. Entre sus muchos honores, recibió la medalla J. Lawrence Smith de la National Academy of Sciences en 1975, el Professional Achievement Award de la Universidad de Chicago en 1981, fue elegido miembro de la National Academy of Sciences en 1987. También lleva su nombre un pico en la Antártida así como un asteroide. En el año de su muerte había recibido el Tyler Prize for Environmental Achievement, considerado como el más importante premio internacional en el ámbito del medioambiente. Sus principales trabajos son los que se refieren a la datación de la edad de la Tierra y del Sistema Solar. También ha realizado importantes aportaciones en el campo de la contaminación ambiental, denunciando el aporte de metales a la atmósfera, basados en estudios experimentales de los hielos de Groenlandia y analizando huesos humanos antiguos.

¿Cómo está el tema en la actualidad?

Los datos de Patterson se han mantenido como válidos más de treinta años, hasta que en los

años 80 se da una edad para la Tierra de entre 4530 y 4560 millones de años, estos datos se han obtenido con la ayuda de las muestras traídas de la Luna y de materiales de carácter meteorítico encontrados en la Tierra, sobre todo de los llamados condritos carbonáceos que se suponen eran materiales que formaron los planetesimales que en definitiva se agregarían para configurar los planetas. En 1985, Roht y Poty mediante una serie de minuciosos trabajos llegan a la conclusión que el encaje de las rocas terrestres con los condritos es un poco forzada y abogan por una edad para la Tierra de 4490 millones de años, es decir unos 60 millones de años inferior a la de los meteoritos. Este retraso es aplaudido por algunos científicos, ya que les permite explicar desfases isotópicos entre el material del manto terrestre y el de ciertos meteoritos. Además esos millones de años serían los que utilizaría la Tierra para una primera agregación como planeta. Aunque otro grupo de expertos sigue considerando la edad de formación de todos los planetas del Sistema Solar, incluido la Tierra, en unos 4550 millones de años.

LA TECNOLOGIA PROTAGONISTA: “SHRIMP”

Este último apartado está protagonizado por los artefactos producidos por la tecnociencia, que han sido necesarios para la datación de minerales y rocas. Tuvo que desarrollarse una tecnología necesaria para crear el espectrómetro de masas, que llevara a la práctica la teoría asociada al descubrimiento de la radioactividad. La precisión de estos “relojes” ha ido incrementándose con el paso del tiempo, también su capacidad de aplicación a los diversos sistemas radioisotópicos que conforman los materiales naturales, terrestres y extraterrestres.

En los años 80 en Australia, un grupo de investigadores de la universidad nacional australiana de Canberra, dirigidos por Guillermo Compston, diseñó el llamado SHRIMP, que supone un salto cuantitativo y cualitativo respecto a los anteriores espectrómetros. Este aparato es capaz no solamente de datar un mineral concreto, sino dentro de él detectar los cambios de edades. Se ha utilizado sobre todo para datar un mineral muy resistente y que por tanto perdura en el tiempo, se trata de los circones detríticos de rocas sedimentarias australianas. Este aparato ha conseguido datar circones microscópicos con edades cercanas a los 4400 millones de años. Estos minerales representan la materia terrestre más antigua nunca datada. Algunos investigadores tienen sus reservas sobre la fiabilidad de dichas edades. Incluso hay investigadores que dicen soñar en que alguna datación supere los 4600 millones de años con lo que habría que reestructurar todo el sistema de dataciones existentes. Es indudable el protagonismo de este artefacto en las últimas décadas, de tal forma que no encontramos desde Patterson ningún humano que pueda superar en popularidad a esta máquina.



SHRIMP

El SHRIMP (Super High Resolution Ion Micro Probe), es capaz de determinar la edad de cristales individuales de circon por el metodo isotópico U - Pb.

En los años 90 se ha mejorado en Estados Unidos, produciendo una técnica llamada SHRIMP RG (Sensitive High-Resolution Ion MicroProbe Reverse Geometry). Este aparato puede establecer la edad de pequeños cristales de circon, ya que contienen isótopos de uranio radiactivo atrapados durante miles de millones de años. Midiendo el grado de desintegración radiactiva se puede saber su edad. El que aparece en la imagen es el SHRIMP RG de la Universidad de Berkeley en California.

A MODO DE EPÍLOGO

No deja de ser sorprendente que el primer intento por cuantificar la edad de la Tierra de una manera mas o menos científica haya tenido lugar en el siglo XVII, mientras que la determinación de sus dimensiones se realizó desde épocas muy tempranas.

La historia del concepto y la determinación de la edad de la Tierra desde ese siglo hasta nuestros días ilustra de manera clara el proceso de avance de la ciencia, proceso que como puede verse dista mucho de ser lineal y continuo puesto que tiene frecuentes e imprevistos avances, retrocesos y polémicas. Ilustra por otra parte la relación entre diferentes disciplinas científicas y el avance del conocimiento científico como un todo.

Esta discusión ha sido una de las muchas que han ido surgiendo en los últimos cuatro siglos en el campo de la geología. Las abundantes controversias han ido modelando el cuerpo doctrinal de la geología de nuestros días. Es interesante pensar en este tipo de discusiones, a medio camino entre la especulación más trivial y la experimentación más exacta, en unos tiempos en los que la geología se está transformando en materia de aplicación ingenieril. En estos cuatro siglos hemos pasado de un dogma-

tismo religioso a otro en el cual la respuesta se encuentra en la tecnología. Si algún aprendizaje enriquecedor hemos de sacar los geólogos de nuestra propia historia, es su espíritu ecléctico, entre matices filosóficos y científicos. No hay que olvidar que estamos tratando sistemas naturales tan complicados e irrepetibles que no podemos jugar simplemente a ser unos Lord Kelvin. En definitiva, en esa mezcla, creo que se encuentra la raíz profunda del carácter propio de las ciencias geológicas.

BIBLIOGRAFÍA

Andel, Tjeerd H. van ((1989). *New views on an old planet. Continental Drift and the history of the Earth*. Ed. Cambridge University Press. New York. EE.UU.

Anguita Virela, Francisco (1988). *Origen e historia de la Tierra*. Ed. Rueda. Madrid.

Anguita Virela, Francisco (2002). *Biografía de la Tierra. Historia de un planeta singular*. Ed. Aguilar 2002 Madrid

Brent Dalrymple, G. (1991) *The age of the earth*. Stanford University Press, Stanford, California.

Cardwel, Donald (1994). *Historia de la tecnología*. Alianza Editorial. Madrid 1996

Claude C. Albritton Jr (1980) *The abyss of time*. Freeman, Cooper & Company, San Francisco, USA

Duque Macías, Jesús (2002). *¿Cómo se ha determinado la edad de la Tierra?* in "La bocina del Apostol" n°2 mayo 2002. Ed. IES Santiago Apostol. Almendralejo. Badajoz

Duque Macías, Jesús (2002). *Historia de la Geología: algunos ejemplos históricos de la determinación de la edad de la Tierra*. Actas del XII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Girona, julio 2002. Editor David Brusí. Universidad de Girona. AEPECT.

Duque Macías, J.; Mateos Vazquez, M.A. (2002). *Serendipia, un aspecto a recordar para la revalorización de la ciencia libre frente a la gran ciencia*. Actas del congreso internacional "La Cien-

cia ante el público". Salamanca, octubre 2002. Ed. Universidad de Salamanca.

G. Brent Dalrymple (1991) *The age of the earth*. Stanford University Press, Stanford, California

Tarback, E.J.; Lutgens, F.K. (2000). *Ciencia de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Ed. Prentice Hall. Madrid.

VV.AA. ((1984). *Diccionario Enciclopédico Espasa 12 Vols*. Ed. Espasa-Calpe. Madrid Barcelona.

VV.AA. (1998). *Enciclopedia McGraw-Hill de Ciencia y Tecnología 6 Vols*. Ed. McGraw-Hill. Barcelona.

En Internet:

www.terra.es/ciencia/articulo/articulo.cfm?ID=CIE5384

www.plata.uda.cl/minas/apuntes/Geologia/Datierme/Vortrag1/text/wilson2.htm

www.kids.msfc.nasa.gov/Puzzles/Age.asp

www.talkorigins.org/faqs/faq-age-of-earth.html

www.nova.bsuvc.bsu.edu/prn/oldearth.html

www.dc.peachnet.edu/~pgore/geology/geo102/age.htm

www.gps.caltech.edu/options/geochem/GeCH_research/Isotope_Geochemistry/Radiogenic_Isotopes/Patterson.html

<http://www.uchile.cl/publicaciones/anales/9/estudios1.html>

<http://www.amazings.com/ciencia/noticias/230802a.html>

<http://shrimprg.stanford.edu/>

<http://www.geolsoc.org.uk/template.cfm?name=OldBanger>

<http://www.science.uwaterloo.ca/earth/waton/shrimp.html>

<http://bookmasters.com/ksu-press/ksu012.htm>

<http://famousamericans.net/charlesdoolittlewalcott/>

<http://www.es-designs.com/geol105/lectures/lecture06.htm>. ■