

SUPLEMENTO
NOVIEMBRE
2021



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



Edición Especial

SUPLEMENTO
NOVIEMBRE
2021



MAYAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

Revista Maya: Revista de Geociencias que nace del entusiasmo de profesionistas con la inquietud de difundir conocimientos relacionados con la academia, investigación, la exploración petrolera y Ciencias de la Tierra en general.

El objetivo principal de la revista es proporcionar un espacio a todos aquellos jóvenes profesionistas que deseen dar a conocer sus publicaciones. los fundadores de la revista son *Luis Angel Valencia Flores, Bernardo García Amador y Claudio Bartolini*.

Otro de los objetivos de la Revista Maya es incentivar a profesionales, académicos, e investigadores, a participar activamente en beneficio de nuestra comunidad joven de geociencias.

La Revista tendrá una distribución mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La revista de geociencias es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comunícate con cualquiera de los editores.

Las notas geológicas tienen como objetivo el presentar síntesis de trabajos realizados en México y en diferentes partes del mundo por jóvenes profesionales y prestigiosos geocientíficos. Son notas esencialmente de divulgación, con resultados y conocimientos nuevos, en beneficio de nuestra comunidad de geociencias. Estas notas no están sujetas a arbitraje.

Revista Maya: Revista de Geociencias was originally created with the aim of supporting students and young professionals in the earth sciences, as well as the geoscience communities of the Americas.

The fundamental conception was a magazine that would cover a wide range of earth science themes with a general focus on the western hemisphere for an audience with varied experience in geology and related disciplines. The Magazine is independent and not associated with any geological society or investigative institution, although informal connections have been established with geoscientific associations around the world.

The Revista is prepared by four editors and six collaborators, all volunteers, who are responsible for the compilation, organization and presentation design of the information. It is published monthly with contributions in either Spanish and English.

The Revista is distributed by electronic mail, LinkedIn and Facebook, and plans exist for a webpage where the geoscience community can download the Revista in the future.

The Revista includes, among other topics, a section entitled "Geological Notes" wherein manuscripts sent by geoscientists from different parts of the world are published.

With this issue, eight numbers of the Magazine have been distributed and it has achieved wide acceptance by our readers, with a flow of contributions for future issues. Contributions and commentary for the editors are always welcome.

**Es importante aclarar, que las opiniones científicas, comerciales, culturales, sociales etc., no son responsabilidad, ni son compartidas o rechazadas, por los editores de la revista.*

EDITORES



Luis Angel Valencia Flores (M.C.). Ingeniero Geólogo y Maestro en Ciencias en Geología, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Unidad Ticomán. Ha trabajado en el IMP, Pemex Activo Integral Litoral de Tabasco, Schlumberger, Paradigm Geophysical, Comisión Nacional de Hidrocarburos, Aspect Energy Holdings LLC, actualmente es académico del IPN (posgrado y licenciatura) y la UNAM (licenciatura) impartiendo las materias de Evaluación de formaciones, Caracterización de yacimientos, Geología de yacimientos, Geoquímica, entre otras del ramo petrolero. Cuenta con experiencia de 20 años trabajando en diversos proyectos de planeación y

perforación de campos, pozos costa afuera, petrofísica, geomodelado y caracterización de yacimientos entre ellos: Cantarell, Sihil, Xanab, Yaxche, Sinan, Bolontiku, May, Onixma, Faja de oro, campos de Brasil, Bolivia y Cuba. Como Director General Adjunto en la CNH fue parte del equipo editor técnico en la generación de los Atlas de las Cuencas de México, participó como ponente del Gobierno de México en eventos petroleros de Canadá, Inglaterra y Estados Unidos. Es Technical Advisor del Capítulo estudiantil de la AAPG-IPN.

luis.valencia.11@outlook.com



Bernardo García-Amador es candidato a doctor en Ciencias de la Tierra por la UNAM. Su pasión es entender las causas y consecuencias de la tectónica. Actualmente se encuentra en proceso de graduarse del doctorado, con un trabajo que versa en la evolución tectónica de Nicaragua (Centroamérica). Además imparte el

curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Recientemente Bernardo ha publicado parte de su trabajo de doctorado en las revistas *Tectonics* y *Tectonophysics*, además de ser coautor de otros artículos científicos de distintos proyectos.

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



Josh Rosenfeld (Ph.D.). He obtained an M.A. from the University of Miami in 1978, and a Ph.D. from Binghamton University in 1981. Josh joined Amoco Production Company as a petroleum geologist working from 1980 to 1999 in Houston, Mexico and Colombia. Upon retiring from Amoco, Josh was employed by Veritas DGC until

2002 on exploration projects in Mexico. He has been a member of HGS since 1980 and AAPG since 1981, and currently does geology from his home in Granbury, Texas.

jhrosenfeld@gmail.com



Claudio Bartolini (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America.

Claudio is an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of the Americas. He is a Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

bartolini.claudio@gmail.com

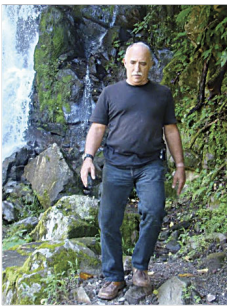
COLABORADORES



Salvador Ortuño Arzate received his M. Sc. from the National Autonomous University of Mexico (UNAM) and his Ph.D. from the Université de Pau and Pays de l'Adour (UPPA) in France. He has been a researcher at the Instituto Mexicano del Petróleo and the Institut Français du Pétrole, focusing his work on the Exploration Petroleum field. Salvador has published several papers and a book, "El Mundo del Petróleo" (Petroleum's world),

examining and shedding light on the history of petroleum and the implications for the society. Also, he has worked as an advisor for several universities and national corporations. Lastly, he has served as faculty and has taught different courses at the Secretariat of National Defense and at the Engineering School of U.N.A.M.

soaortuno@gmail.com



El ingeniero cubano **Humberto Álvarez Sánchez** culmina 54 años como geólogo. Realizó estudios en la Cordillera de Guaniguanico y en su premontaña y en los macizos metamórficos, volcánicos y ofiolíticos de Cuba central. Autor de 18 formaciones y litodemas de la estratigrafía cubana. Descubridor del único depósito industrial de fosforitas marinas de Cuba. Miembro de la subcomisión Jurásico del primer Léxico Estratigráfico de Cuba. Como Country Manager y Senior Geologist de compañías canadienses, panameñas y de Estados Unidos, dirigió exploraciones en complejos del Paleozoico-Mesozoico en tres Estados de

Brasil, en los greenstone belts de Uruguay; Andes de Perú y complejos volcánicos de Honduras y Panamá y otros países. Miembro de la Comisión Ministerial "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue Consultor Senior del Banco Interamericano de Desarrollo para el proyecto geocientífico del país. Formely Miembro del Consejo Científico de Geology Without Limits. Formerly Representante para América Central del Servicio Geológico de la Gran Bretaña. Retirado en Panamá, se ocupa de redactar estudios sobre la geología de Cuba.

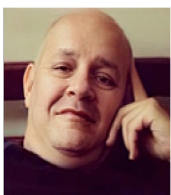
geodoxo@gmail.com



Ramón López Jiménez es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, Mexico, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en

afloramientos antiguos de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



José Antonio Rodríguez Arteaga es un ingeniero geólogo con 31 años de experiencia en investigación de geología de terremotos y riesgo geológico, asociado o no a la sismicidad. Es especialista en sismología histórica e historia de los sismos en Venezuela, recibiendo entrenamiento profesional en Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos, Bogotá, Colombia. En sus inicios profesionales y por 5 años consecutivos, fue geólogo de campo, trabajando en prospección de yacimientos minerales no- metálicos en la región centro

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.arteaga@gmail.com



Saúl Humberto Ricardez Medina es pasante de Ingeniería Geológica, miembro activo del capítulo estudiantil de la AAPG del Instituto Politécnico Nacional, participó en el X Congreso Nacional de Estudiantes de Ciencias de la Tierra como Expositor del trabajo "Análisis de Backstripping de la Cuenca Salina

del Istmo". Actualmente, se encuentra trabajando en su tesis de licenciatura relacionada a identificar y reconocer secuencias sedimentarias potencialmente almacenadoras de hidrocarburos en las cuencas del sureste.

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com

El nuevo diseño de la Revista Maya de Geociencias fue realizado por Manuel Arribas, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español. <https://manuelarribas.es/>

Instrucciones básicas para los autores

Apreciables autores, al someter su material para la publicación en la Revista Maya de Geociencias, por favor mantener los siguientes lineamientos editoriales de su manuscrito al momento de enviarlo al equipo editorial y colaboradores:

Semblanzas: 3 páginas máximo.

Notas sobre pioneros de las geociencias: 4 páginas máximo.

Los "temas de interés para la comunidad": 4 páginas máximo.

Notas geológicas: 10 páginas máximo.

EDICIÓN ESPECIAL



Suplemento Cultural Geológico

Las Geociencias, en esta vertiginosa modernidad, inciden en todas las esferas de la actividad humana. Sus soluciones científicas y tecnológicas están presentes en la exploración de los recursos renovables y no renovables, en la generación de energías alternativas, en la gestión de los recursos hídricos, en la construcción de grandes obras de infraestructura; y, en fin, en el suministro de materiales para la era electrónica y digital presente y futura. *Ergo*, la Geología está marcando los progresos y los hitos más espectaculares de nuestra historia.

Asimismo, las Ciencias de la Terra constituyen el vector fundamental de las contribuciones científicas para dilucidar el origen y la evolución del planeta Tierra, en la comprensión de los cambios del relieve terrestre, en la identificación, evaluación y mitigación de los riesgos geológicos (la sismicidad, vulcanismo, los fenómenos meteorológicos) y antropogénicos (como la contaminación de suelos, agua y atmósfera). La Geología descubrió el tiempo geológico que ha regido el cambio continuo del planeta y de la historia de la vida. Estos aspectos son fundamentales en la comprensión de las bases del desarrollo y la historia económica y social de la humanidad. Y por ello, en el ámbito de la cultura, las Geociencias poseen también, estrechas relaciones con la creación y la inspiración artística, literaria, y de reflexión profunda, tanto en la ciencia como en la filosofía. Nuestra cuna, la Tierra, ha presidido, ampliamente, toda la historia del ascenso cultural del género humano.

Por esta razón, en la Revista Maya de Geociencias, anhelamos inaugurar este Suplemento Cultural Geológico, donde se tejerán los imprescindibles diálogos entre las manifestaciones culturales y la siempre prodigiosa Geología. Por tanto, colegas todos, estamos invitados a engrandecer este Suplemento, y a celebrar y regocijarnos de los vínculos que las Ciencias de la Tierra comparten con la cultura y la incesante creatividad humana.

Tiempo geológico y tiempo humano; el Tiempo del Universo y el Tiempo de la consciencia

Salvador Ortuño Arzate
Colaborador de la Revista

*“Quid est ergo tempus? Si nemo ex me quaerat scio,
si quaerenti explicare velim nescio.”*

“¿Qué es, por tanto, el tiempo? Si nadie me lo pregunta lo sé;
si me lo preguntan y quiero explicarlo, ya no sé, lo ignoro.

Agustín de Hipona
Confesiones, libro XI, cap. XIV.

“Para nosotros, físicos convencidos,
el tiempo no es más que una ilusión, por persistente que parezca.”

Albert Einstein

**La Geología descubrió el tiempo inscrito en las rocas
y lo introdujo en el pensamiento humano, en la filosofía, y en todas las ciencias.**

Ἐγώ εἶμι

RESUMEN

Una noción que el hombre ha deseado vehementemente aprehender, y que ronda el más profundo enigma, es la del tiempo. ¿Pero, qué es el tiempo? Para el ser humano, a lo largo de la historia, el tiempo ha sido el fluir de los instantes, los días, los años... de su fugaz y conjeturada existencia en esta vida. Ésta es la percepción del tiempo en la consciencia humana. Pero, ¿sobre qué sustento material se podía fundamentar el fluir del tiempo? ¡Eureka, la Geología encontró su huella impresionante en las rocas! Los primeros geólogos se sintieron arrobados por tan inconmensurable evidencia de la temporalidad; y fueron construyendo su prodigioso calendario geológico. El siguiente paso no se dio en la Tierra, sino mirando al cielo, a las estrellas. En la postmodernidad la concepción del tiempo se nos ha revelado en la consciencia, por la Geología y la Cosmología. En este contexto, volaremos, a través este breve texto y del tiempo, tratando de escudriñar las relaciones intrínsecas entre estas concepciones de tan metafórico, pero excitante misterio.

1.- INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre camina sobre la faz de la Tierra, sus reflexiones y pensamientos han estado dirigidos a entender su lugar en la eternidad, percibida como la abstracción del tiempo. Empero, el ser humano percibía el tiempo de sus días, en su consciencia, y lo anclaba en la inmensidad misteriosa e insondable del tiempo eterno y profundo, el cual presentía más allá de su entorno natural inmediato. Sin embargo, no sabía discernir qué es el tiempo absoluto; y se

puede considerar que, aun en la actualidad, el hombre aún no sabe qué es realmente este misterio.

Abordar el discernimiento, la comprensión del tiempo es problema aporístico, insalvable. Es complicadísimo encontrar caminos para abordar su análisis. El ser humano se mueve en el tiempo percibido por su consciencia, y lo “percibe” como experiencia de vida, tiempo real, tiempo externo, eternidad, etc. Desde las culturas clásicas se ha tratado de abordar el tiempo, desde Heráclito, Platón, Aristóteles, hasta Heidegger y Sartre. Finalmente, a lo largo de la historia humana, la comprensión del tiempo parece devenir siempre en una pavorosa aporía.

Durante el desarrollo del conocimiento humanístico-filosófico, y científico reciente se ha logrado concebir una noción renovada del espacio-tiempo, lo cual ha influido en la apreciación ontológica, o del ser, en el tiempo y su temporalidad. Las ciencias como la Geología, la Física moderna y la Cosmología han creado nuevas nociones conceptuales, sin ser concluyentes aún sobre el significado real de tiempo. La Geología ha descubierto el tiempo relativo grabado en las rocas, como la primera aproximación científica al enigma. La Cosmología, indirectamente, ha tratado de medir el tiempo entre los modelos matemáticos y la física de las galaxias. Sin embargo, a pesar de tales progresos, el anhelo humano - ontológico por comprender el tiempo, al parecer, no ha sido satisfecho.

2.- EL TIEMPO PERCIBIDO POR LA CONSCIENCIA; BREVE VISIÓN HISTÓRICA

Las nociones de tiempo durante la historia del pensamiento y la filosofía

Percepciones humanas sobre el tiempo acaecen según la función de la consciencia a través de la percepción, generando la experiencia de la intuición. Las concepciones del tiempo en la Filosofía nacen de las intuiciones de la consciencia, ya que, epistemológicamente, no es posible efectuar aprehensiones verificables sobre tan singular objeto del conocimiento.

Desde los albores de las civilizaciones primigenias, durante las épocas de las culturas clásicas, el ser humano tenía explicaciones o discernimientos lógicos sobre el tiempo; éste era un ente insondable, pero presente y definiendo, o intuyendo, incluso su relación con el espacio (cf. Heráclito, Parménides o los atomistas griegos). En la cultura griega el tiempo, en general, es llamado Cronos (Χρονος); en hebreo es ‘*Olam*. En la literatura antigua siempre perviven referencias al tiempo primigenio. En la Biblia hebrea, el tiempo es tratado como una flecha con un inicio y un final de la historia, tanto humana como de la naturaleza. Similar significado tiene en los textos antiquísimos como *La Epopeya de Gilgamesh*, por ejemplo.

Desde la más remota antigüedad, el poeta Hesíodo plantea que el mundo surgió de una inmensa obscuridad que llamó Caos, en sus elementos formadores, a saber: Gea, Tártaro, Érebo, Eros y Nix. De la unión de Gea y Urano surgió Cronos, la entidad divina que sustentaba la existencia y el ordenamiento del cosmos¹. Cronos (Χρονος, el tiempo), deviene, desde entonces, la más profunda y urgente problematización ontológica que enfrenta el ser humano.

¹ Hesíodo, 1978.- *Teogonía*. Versión de Paola Vianello de Córdoba. Bibliotheca Scriptorvm Graecorum et Romanorum Mexicana, UNAM.

Así, durante el periodo denominado de los presocráticos, los griegos comienzan a reflexionar más insistentemente sobre la naturaleza, el firmamento, los astros; y así intuyen que el cosmos, su entorno, estaba ordenado por leyes, conformando una historia cosmogónica infinita. Entre estos filósofos de la naturaleza, la obra de Heráclito (ca. 500 a. C.), destaca en esta búsqueda por explicar el Universo y el tiempo. Al parecer, la concepción de Heráclito sobre el tiempo corresponde a una noción de “fluidez”, de un ente que fluye. Al respecto, se hace alusión a la frase, del fragmento 91: “Uno no se puede bañar dos veces en el mismo río.” Es decir, todo corre, nada permanece. Entonces, “los que descienden a los mismos ríos, reciben aguas siempre nuevas.” (Fragmento 12)². Esta noción del mundo significa que existe una transformación incesante de las cosas, de la materia y, por tanto, de la energía. El tiempo para Heráclito es el eterno devenir; un devenir lineal. En el devenir, el Logos (Λόγος) es la ley según la cual suceden todas las cosas (fragmento 1); “él gobierna el mundo”, (fragmento 72)³. Zenón de Elea, en sus aporías establece que: “la flecha, en el proceso de estar en movimiento, se encuentra en estado estacionario. Esta es la consecuencia de suponer que el tiempo está compuesto de instantes.”⁴

Platón, en el *Timeo (Diálogos)*, exclama una bella metáfora del tiempo: “la imagen móvil de la eternidad.” Para Platón, “el tiempo...surgió con el Universo, simultáneamente.”⁵ El tiempo es la eternidad, lo insondable. Y el mundo-cosmos es el Logos. Según Platón, “el demiurgo trató de hacer una especie de imitación móvil de la eternidad, la cual es el tiempo. La eternidad es inmóvil, es el permanecer en sí mismo; un eterno presente dado todo de una vez, pero el tiempo es movimiento, cambio; y se mueve porque al carecer de perfección, no puede permanecer en sí mismo. Pero el tiempo refleja la eternidad, que es su modelo...”⁶

Por otra parte, Aristóteles, quien elabora el primer análisis formal del tiempo, lo establece como sigue: “Pues esto es el tiempo: número del movimiento según lo anterior y lo posterior”, (...τοῦτο γὰρ ἔστιν ὁ χρόνος, ἀριθμὸς κινήσεως τὸ πρότερον καὶ ὕστερον.”)⁷ También, en su método, Aristóteles aduce que el pasado ya no existe, el futuro, aún no es; y el presente (el ahora, instante o el *vũv*, para Aristóteles) no existe tampoco, porque son instantes, como puntos, y los puntos no existen. Aristóteles aborda el tiempo, pero con relación al ser y al movimiento. El cambio (o movimiento) de los entes se da en el tiempo; y éste existe si hay movimiento. Cada consciencia percibe su propio tiempo a través del cambio en sí. La consciencia es la que ejerce el acto de medir el tiempo, compuesto de instantes. He aquí la pertinencia de la sentencia de Protágoras: “el hombre es la medida de todas las cosas” (Πάντων μέτρον ἄνθρωπος), es decir, las cosas son los entes que percibe la consciencia. El intelecto humano “lee” (*intellegit*), o percibe el tiempo en intención de cuantificarlo o medirlo. Asimismo, para Aristóteles, el tiempo y el espacio son continuos, ya que se estructuran en un antes y un después, en la infinitud del tiempo y del mundo (espacio).

² Brun, J., 1995.- *Los presocráticos*. Colección ¿Qué sé?, Publicaciones Cruz O.S. A. y Consejo Nacional para la Cultura y las Artes., pp.54.

³ Brun, J., *Ibidem*, pp.49.

⁴ Brun, J., *Ibidem*, pp.90.

⁵ Platón, 1962.- *Timeo, Diálogos*. Ed. Porrúa, México., pp. 663-721.

⁶ Ortiz G. J., 2016.- *Los Elementos del Concepto de Tiempo Aristotélico en la Teoría de la Relatividad*. Tesis doctoral. Universitat Abat Oliba CEU, Facultad de ciencias Sociales. pp. 24.

⁷ Aristóteles, *Metafísica*, IV, II, 219 y ss.

En las *Confesiones*, Agustín de Hipona asienta un tratamiento filosófico sobre el tiempo. Su análisis le lleva a sostener la inexistencia del tiempo pasado y futuro, considerando como real existente sólo el presente. Asocia el tiempo al movimiento, del cual el tiempo es la medida. Establece que el tiempo es obra de Elohim y surge en el instante de la creación; siendo Elohim preexistente al tiempo y asimilado a la eternidad.⁸ “Si el presente estuviera siempre presente, si no fuera a reunirse con el pasado, ya no sería tiempo, sería eternidad”⁹.

Después, durante el Renacimiento de las ideas, con Copérnico, Kepler, Descartes, Galileo y Newton, el conocimiento sobre la naturaleza y el sistema solar y sus planetas, permitirá iniciar un discernimiento más amplio sobre las nociones de tiempo. Y es, justamente, el descubrimiento de algunas leyes de la naturaleza y los procesos geológicos, que se comienza a discernir nuevas nociones sobre el tiempo humano, como parte ínfima del tiempo profundo del planeta y del cosmos.

Isaac Newton (1642-1727), en *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Principios Matemáticos de la Filosofía Natural)*, establece las nuevas relaciones entre la materia, su movimiento y las fuerzas físicas como la gravedad en los enunciados de sus cuatro leyes fundamentales. Newton percibe al espacio y al tiempo como entidades esenciales ontológicas (universales reales, objetivas y matemáticas), primigenias *per sé*, conteniendo toda la materia y la energía existentes. Considera también que: “el tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por su propia naturaleza, sin relación a nada externo, fluye uniformemente, y se lo nombra como duración. El tiempo relativo, aparente y vulgar es una medida sensible y exterior (precisa o desigual) de la duración mediante el movimiento, usada por la gente en lugar del verdadero tiempo: hora, día, mes y año, son medidas semejantes.”¹⁰ Para Newton, hay dos tiempos: el absoluto o universal que lo contiene todo; y el tiempo relativo, el de la percepción de la consciencia y los eventos sucesorios de los entes y las cosas. Así, el tiempo que se mide (por la consciencia) es relativo, o subconjunto, al tiempo absoluto eterno y universal. Este tiempo absoluto preexiste a toda la materia. El tiempo absoluto es eternidad y el espacio absoluto es inmensidad, y por tanto en infinitud y continuidad. El cosmos posee un principio en el tiempo, sin embargo, no hay un principio del tiempo. Considera Newton que: “*Tempus et spatium sensorium Dei sunt.*” (“El tiempo y el espacio son atributos de Elohim”).

De esta manera, el tiempo y el espacio relativos (no el tiempo absoluto), para Newton, Kepler y la mecánica celeste clásica, son entidades medibles y que se relacionan con las variables de los fenómenos físicos de la naturaleza; y cuya expresión funcional son relaciones matemáticas. *Grosso modo*, este es el paradigma newtoniano-kepleriano que estableció la predictibilidad o retrodictibilidad científicas en la mecánica celeste y que influyó grandemente, hasta la actualidad, en la visión determinista de las ciencias naturales (caso de la Geología) y exactas (física, química y matemática). La naturaleza está siempre en armonía con sí misma, (“*Natura est semper sibi consona.*”).

Para Immanuel Kant (1724-1804), en su estética trascendental (doctrina de la sensibilidad, αισθητικός, sensible), parte de su *Crítica de la Razón Pura*, el tiempo y el espacio son esencias

⁸ Agustín de Hipona, *Confesiones*; libro XI, 14-15.

⁹ Agustín de Hipona, *Ibidem*, XI, 14-15.

¹⁰ Newton, I., *Principios matemáticos de filosofía natural*. In Ortiz G. J., 2016.- *Los Elementos del Concepto de Tiempo Aristotélico en la Teoría de la Relatividad*. Tesis doctoral. Universitat Abat Oliba CEU, Facultad de ciencias Sociales. pp. 88.

a *priori* (conocimiento independiente de toda experiencia), o formas puras de la intuición sensible; mas no cualidades externas. El conocimiento puro es aquel al cual no se ha adicionado ningún conocimiento empírico. En la teoría trascendental el tiempo y el espacio integran las categorías y las ideas regulativas. En su visión epistemológica, tiempo y espacio corresponden a la teoría trascendental elemental. Tiempo y espacio, para Kant, son leyes de la consciencia, universales y necesarias. El tiempo para Kant es una intuición pura, en el sujeto cognoscente, que le permite los juicios sintéticos. Así, los fenómenos (*φαινόμενον*, lo que se manifiesta materialmente) y los núómenos (*νοούμενον*, lo que no se manifiesta materialmente) son percibidos por la consciencia. Son eventos *en sí* que tienen representación sólo en el espacio y en el tiempo.¹¹ La sensibilidad de la consciencia hace posible las intuiciones; y el entendimiento humano es la fuente de los conceptos. En el caso del tiempo, éste tiene la representatividad de una línea recta real (referida en números reales), e infinita y de sucesión. La percepción del tiempo se logra a través de relaciones temporales de los fenómenos, y las cuales se manifiestan por analogías, como la duración, sucesión y coexistencia. Este es el contexto de los excepcionales avances de diversas ciencias físicas, humanísticas y de la naturaleza, y donde se inscribe el nacimiento fundamental de la Geología y del descubrimiento del tiempo geológico.

Para Gottfried Leibniz, el tiempo es una relación de orden entre fenómenos sucesivos y, por su parte, el espacio es el orden entre fenómenos coexistentes. Es el modelo del tiempo relacional y basado en el orden, sea sucesorio de los eventos en el tiempo o co-existencial de las cosas. En cambio, para Georg Hegel (1770-1831), el tiempo es el Espíritu desplegándose.¹² Hegel, declara que el espacio y el tiempo constituyen un todo unido. Pero, “el verdadero presente es la eternidad.”¹³

Henri Bergson (1859-1941), filósofo francés, considera que el problema de dilucidar el tiempo, es el problema esencial de la metafísica u ontología. El tiempo es el problema total de la filosofía. Bergson asume su postura filosófica *vis-à-vis* del tiempo, en el marco del impacto de la teoría de la relatividad especial de Einstein, al inicio del siglo XX. El tiempo para Bergson se materializa en duración real, la cual es movimiento y cambio constante, sin concatenación de momentos concretos. Propone la intuición como una forma de aprehensión de la realidad “en su pureza originaria, como duración continua, heterogénea y creadora, sin la mediación de símbolos que, por su carácter espacial, distorsionan la mencionada aprehensión.” El tiempo es una sucesión de instantes adheridos en una continuidad indivisible y lo cual constituye una duración verdadera.¹⁴ La duración (*la durée*) es lo que cambia por naturaleza, y es sólo heterogeneidad. Bergson confirma su concepto de un tiempo universal: “una misma duración que abarca todas las duraciones y según la cual dos flujos -exteriores el uno con respecto al otro-, son simultáneos cuando ocupan la misma duración, al insertarse ambos en la duración de un tercero -que es el flujo de nuestro discurrir psicológico.¹⁵ Es en la *Evolución Creadora (L’Evolution Créatrice)*, su obra principal, donde Bergson despliega los conceptos sobre la

¹¹ Kant, E., 1987.- *Crítica de la razón pura*. Ed. Porrúa., pp. 42-57.

¹² Navarro, E. V., 2006.- *El tiempo a través del tiempo*. Athenea Digital, no. 9, 1-18.

¹³ Hegel, W., F., 1997.- *Enciclopedia de las Ciencias Filosóficas*. Editorial Porrúa., pp. 162-163.

¹⁴ Ortiz G. J., 2016.- *Los Elementos del Concepto de Tiempo Aristotélico en la Teoría de la Relatividad*. Tesis doctoral. Universitat Abat Oliba CEU, Facultad de ciencias Sociales. pp. 287-289.

¹⁵ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 293.

durée y sus implicaciones para el ser; la cual es sucesión, continuidad y constitución, creación e incesante novedad; esto es el tiempo.

De acuerdo con Gaston Bachelard (1884-1962), el tiempo percibido por la consciencia se compone de instantes; éstos conforman una duración, es decir, una adición de instantes. Expresa Bachelard: “*Le temps n’a qu’une réalité, celle de l’instant.*” Es decir, “el tiempo no es más que una realidad: la del instante.”¹⁶.

Durante el siglo XIX y XX, son notables las obras de Friedrich Hegel, Martin Heidegger, Jean Paul Sartre y Jean Gitton, como la *Fenomenología del Espíritu (Phänomenologie des Geistes)*, *Ser y Tiempo (Sein und Zeit)*, *El Ser y la Nada (L’être et le Neant)*, y *Lo Absurdo y el Misterio*, respectivamente. Así, Heidegger menciona que “el tiempo es comprendido como una secuencia, como el “fluir” de los *ahoras*, como el curso del tiempo”.¹⁷ Aunque, Heidegger, en realidad, se adhiere a la concepción aristotélica del tiempo.

Según Jean Paul Sartre (1905-1980), ni el pasado ni el futuro tienen existencia objetiva. Además, el presente sólo es “el límite de una división infinita, una suerte de punto sin dimensión...y, por tanto, no es en absoluto.”¹⁸ “Un punto sin dimensión no es espacio, un instante sin duración no es tiempo.”¹⁹

Sin embargo, desde la antigüedad hasta la postmodernidad, la filosofía no ha podido resolver el problema de una explicación del tiempo. La ciencia, al parecer, sólo ha realizado algunas aproximaciones. Ésta solamente ha tratado de medir periodos de tiempo, como en el caso de la Geología y en la Cosmología; aunque solo por aproximaciones a veces erráticas, imprecisas y cambiantes.

3.- EL TIEMPO MANIFIESTO EN LOS PROCESOS GEOLÓGICOS Y COSMOLÓGICOS; EL CAMBIO DE LA MATERIA Y LA ENERGÍA

3.1.- Tiempo Geológico: Absoluto y Relativo en Geología

Por otra parte, ya en el siglo XVII y principalmente durante el XVIII y XIX, la Tierra empieza a ser concebida como un planeta dinámico, que se inscribe en un espacio temporal infinito. El tiempo se vuelve infinito e intangible, cuya base conceptual fue constituida a partir de la concepción de las leyes y los procesos geológicos observados por los primeros naturalistas. Aunque estas ideas sobre el tiempo eran entonces aún incipientes, constituyeron un gran paso conceptual que influyó el desarrollo de las diferentes ciencias humanas y físicas durante los siglos XVIII y XIX. El estudio de las rocas, los estratos, las estructuras y los procesos geológicos que realizaron los pioneros naturalistas como James Hutton, Werner, Charles Lyell, Georges Cuvier, Éli de Beaumont, etcétera, fundamentaron la necesidad de concebir la

¹⁶ Bachelard, G., 1965.- *L’intuition de l’instant. Introduction a la poétique de Bachelard.* Editions Denoël.

¹⁷ Heidegger, M., 2009.- *Ser y Tiempo.* Editorial Trotta., pp. 434.

¹⁸ Sartre, J. P., *L’être et le néant. Essai d’ontologie phénoménologique.* Tel Gallimard. Inicialmente dans la Bibliothèque des Idées en 1943., pp.156-158.

¹⁹ Comte-Sponville, A., 2001.- *¿Qué es el tiempo? Reflexiones sobre el presente, el pasado y el futuro.* Traducción de Pierre Jacomet. Editorial Andrés Bello., pp. 50.

existencia de un tiempo inmenso, a fin de poder explicar, e interpretar, tan significativos cambios en la fisonomía y los relieves de la Tierra, como la erosión modeladora del relieve terrestre, el transporte de sedimentos a las áreas marinas y oceánicas y la elevación de las cadenas montañosas para compensar la pérdida de los materiales erosionados. Además, los procesos geológicos perenes y cíclicos observados requerían ser insertos en grandes periodos de tiempo. Y la humanidad, y su concepto de tiempo humano quedaba, entonces, circunscrita a esa inmensidad de tiempo que la evolución de la Tierra evidenciaba de manera contundente.

Las primeras investigaciones sobre el tiempo geológico: Hutton y Lyell

James Hutton fue un agudo observador de la naturaleza, notablemente perceptivo, ya que escudriñó profundamente las rocas, estratos, fósiles y estructuras geológicas, tratando de interpretar y comprender los procesos que les dieron origen. Observó detenidamente los procesos naturales que actúan sobre la superficie de la Tierra, como la erosión, el transporte de sedimentos, el depósito, la actividad volcánica, etcétera. Hutton comprendía, o interpretaba, los cambios de la Tierra como los procesos en una máquina eterna, estableciéndose un equilibrio entre el desmantelamiento y erosión de las tierras continentales y montañas y las fuerzas dinámicas internas del planeta que elevaban las áreas erosionadas. Hutton expresó: “Desde lo alto de la montaña hasta la costa del mar... todo se haya en estado de cambio”²⁰.

El descubrimiento de Hutton fue la ciclicidad de los procesos sobre la superficie del planeta, concluyendo que se necesitaban grandes lapsos de tiempo ilimitado para explicar estos procesos perenes sobre la faz de la Tierra; procesos que destruyen y construyen. En la Figura 1 se muestra una sección geológica estudiada por Hutton, en la que distinguió varios periodos de tiempo materializados en unidades de estratos y separados por discontinuidades; éstas, sin representación material. En la sección geológica, las rocas representaban inmensos periodos de tiempo.

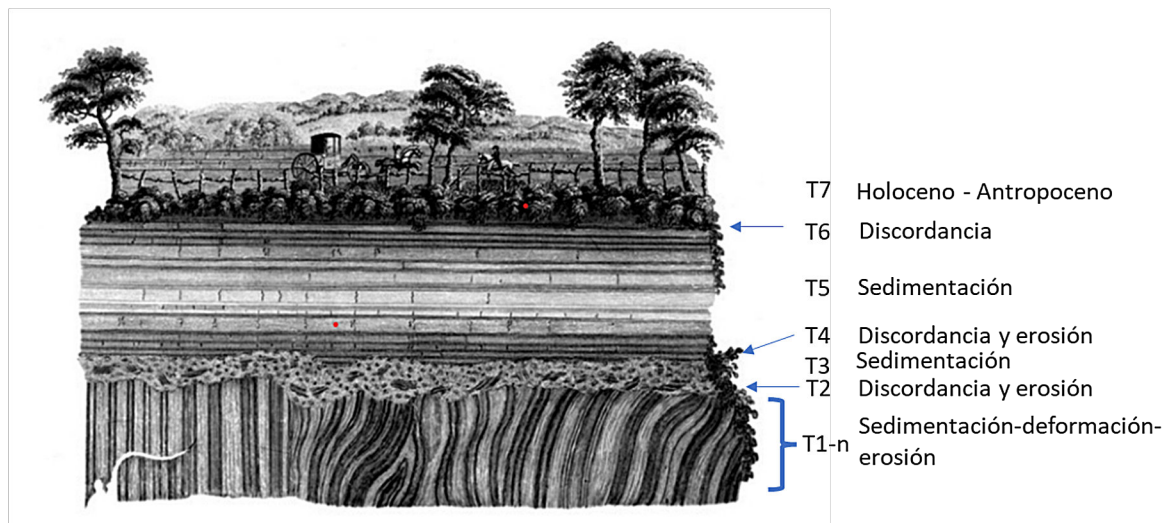


Figura 1.- Famoso grabado elaborado por John Clerk de Eldin, de la discordancia de Jedburgh, Escocia. (Cortesía de sir John Clerk de Penicuik, para la *Theory of the Earth* de Hutton. The Lost Drawings, scottish Academic Press

²⁰ Hutton, J., 1795.- *Theory of the Earth*. In Eicher, D. L., 1973.- El tiempo geológico. Col. Fundamentos de las ciencias de la Tierra. Ediciones Omega, S. A., pp. 5.

Limited, Edimburgo); in Gould, S. J. (2020), *La Flecha del Tiempo*. En la figura, T1 a T7, representan los tiempos geológicos de la serie estratigráfica.

Además, el mérito de Hutton fue haber intuido, discernido, el tiempo inmenso de la historia geológica de la Tierra; los episodios o periodos de tiempo necesarios para explicar e interpretar los procesos geológicos observados en el campo. Asimismo, Lyell y otros pioneros de la Geología como Cuvier y de Beaumont, demostraron racionalmente que la Tierra había experimentado innumerables episodios de transformación de sus relieves y formación de cadenas de montañas durante inmensos periodos o episodios de tiempo geológico.

Estos periodos de tiempo “registrado” en las rocas fueron llamados ciclos del tiempo; los cuales se deben identificar como episodios y periodos de tiempo, mas no como ciclos *sensu stricto*, o sea círculos repetitivos. Así, los diferentes episodios, o periodos, de tiempo de los acontecimientos geológicos son los tiempos relativos; y que, encadenados, conforman la historia geológica de la Tierra. Nicolaus Steno, por ejemplo, pensaba que “la repetición cíclica es una propiedad inherente del tiempo y los procesos naturales.”²¹ La historia gira como un conjunto de ciclos sucesivos (ciclos o periodos del tiempo), pero cada “repetición” de ciclos es diferente; esto permite notar la inteligibilidad del tiempo, o sea que el tiempo transcurre, imponiendo así, una dirección a la historia natural (o filosofía de la naturaleza).” Se establece así las bases de la Geología histórica anclada en una noción de tiempo ilimitado, y que permitiría explicar los procesos geológicos en sucesiones relativas entre ellos, y como resultado de la dinámica natural de las leyes y fuerzas actuantes en la naturaleza. La Tabla del Tiempo Geológico, o Escala Cronoestratigráfica, es la representación de los episodios de tiempo geológico en diversas regiones fundamentados en “unidades roca”. Su encadenamiento vertical materializa la historia de la Tierra o Geología histórica. El gran “ciclo del tiempo geológico”, que va del Precámbrico al Holoceno esta subdividido en sub-ciclos en varios niveles escalares; señalando eones, eras, periodos, edades. Este gran ciclo del tiempo geológico mayor, no es el tiempo profundo, lineal, absoluto, eterno. Aquél es porción pequeña de éste.

El estudio del mundo natural (por la Geología), fue el fundamento del entendimiento inicial de las leyes naturales en el contexto temporal, sentando las bases galileanas de las ciencias modernas. Por ello, el tiempo geológico, llegó a ser la entidad infinita de los procesos geológicos, y de la vida, en la historia de la Tierra. Tanto Hutton como Lyell manifestaron que no había “ningún vestigio de un comienzo, ni perspectiva de un fin”²². “El concepto original de Lyell y Hutton consideraba una máquina mundial repitiendo sus ciclos una y otra vez indefinidamente, -una máquina que era, para todos los propósitos prácticos, eterna”²³.

En la obra de Charles Lyell, *Principles of Geology*, se establecen cuatro significados de uniformidad: a.- la uniformidad de leyes; b.- la uniformidad de procesos geológicos (o actualismo); c.- la uniformidad de tasa o gradualismo; y d.- uniformidad de estado o no-progresismo. Esta uniformidad o actualismo en Geología implica que, de acuerdo a la entropía universal, la direccionalidad de los procesos geológicos es real, viene del pasado y va al futuro insondable. Lo mismo se puede asumir en el carácter progresivo de la historia de la vida, en sucesiones y etapas de faunas y floras contemporáneas, no en evolución, (“*Natura non facit*

²¹ Gould, S. J., 2020. *La flecha y el ciclo del tiempo*. Ed. FCE., pp. 95.

²² Eicher, D. L., 1973.- *El tiempo geológico*. Col. Fundamentos de las ciencias de la Tierra. Ediciones Omega, S. A., pp. 8.

²³ Eicher, D. L., *ibidem*, pp. 9.

saltum”, “la naturaleza no da saltos”). El registro fósil muestra una progresión de formas, no de evolución, pues no existen, en general, especies índice que funcionen como “eslabones”. Los ciclos de tiempo o periodos, son etapas repetitivas y uniformes de procesos geológicos materializados en secuencias cronoestratigráficas. Es decir, son unidades tiempo-roca, o cronoestratigráficas alternando con discordancias y hiatus sin registro temporal materializado. El entendimiento de la Tierra, por tanto, de la Geología, necesita comprender: el ciclo del tiempo manifiesto en los procesos o fenómenos geológicos; la noción de la línea del tiempo universal; la inserción del tiempo geológico en el tiempo lineal, universal y eterno.

Esta escala del tiempo geológico, representa dos perspectivas del tiempo. El tiempo “absoluto” y el tiempo relativo. Así, el tiempo “absoluto”, por convención, es el tiempo transcurrido de los diferentes acontecimientos geológicos que se cuantifica en años. Este tiempo mal llamado “absoluto”, en Geología, y cuantificado en millones de años, no es el tiempo universal, verdaderamente absoluto en sentido estricto. Tal cuantificación es medida a partir de los métodos de evaluación de las tasas de semidesintegración radioactiva de isótopos inestables que se encuentran en minerales y rocas de la corteza terrestre Y el tiempo relativo, edad relativa, o datación relativa, es la ubicación en la escala temporal geológica, o en una secuencia de tiempo de los acontecimientos geológicos y de las rocas relacionadas a estos eventos. Estos tiempos geológicos relativos y “absolutos” literalmente significan la edad relativa y “absoluta” de la Tierra.

La edad de la Tierra: La Escala del Tiempo Geológico

Los métodos de datación geológica, relativa y “absoluta”, son complementarios para establecer las edades relativas y “absolutas”, respectivamente, de los acontecimientos geológicos y de sus ciclos o periodos de tiempo en que ocurrieron. Por tanto, la escala del tiempo geológico, o más propiamente, la Tabla Cronoestratigráfica del Tiempo se fundamenta en estos dos métodos de datación, relativa y absoluta. Ambos, correspondiendo al tiempo geológico llamado ciclo o periodo del tiempo geológico (relativo) *sensu stricto*; el cual se inscribe en el tiempo llamado tiempo universal absoluto *sensu stricto*, o flecha del tiempo, profundo e inconmensurable que no es posible medir geológicamente, ni aun astronómica o cosmológicamente. La concepción, aun elemental, de este tiempo, parece escapar completamente a la mente humana.

El entendimiento cabal de la Tierra, es decir, la Geología requiere imperiosamente: a.- comprender el ciclo (o los ciclos) del tiempo manifiesto en los procesos o fenómenos geológicos; b.- discernir o tener la intuición de la línea del tiempo, es decir el tiempo profundo y absoluto; c.- anclar, o referir, adecuadamente el tiempo geológico, o sea el ciclo del tiempo en el tiempo lineal, profundo, eterno.

En cuanto a las edades llamadas “absolutas” medidas por radiometría, fue Arthur Holmes quien realizó, a principio del siglo XX, varias mediciones de edades geológicas de minerales y rocas que contenían elementos radioactivos.²⁴ Los elementos utilizados para medir edades geológicas actualmente son, principalmente, el Uranio 238, Uranio 235, Torio 232, Rubidio 87, Potasio 40 y Carbono 14. Las edades medidas por datación radiométrica se las conoce como edades “absolutas”. Sin embargo, sólo representan edades en un ciclo de tiempo, el cual

²⁴ Eicher, D. L., *Ibidem*, pp. 18.

corresponde a un periodo o evento geológico relativo, y anclado en el seno del tiempo profundo absoluto (*sensu stricto*).

La Escala del tiempo geológico, o cronoestratigráfica (Tabla 1), representa aproximadamente 4,500 a 4,600 millones de años subdivididos en varias unidades cronológicas de tiempo, representadas por unidades de diferentes tallas.

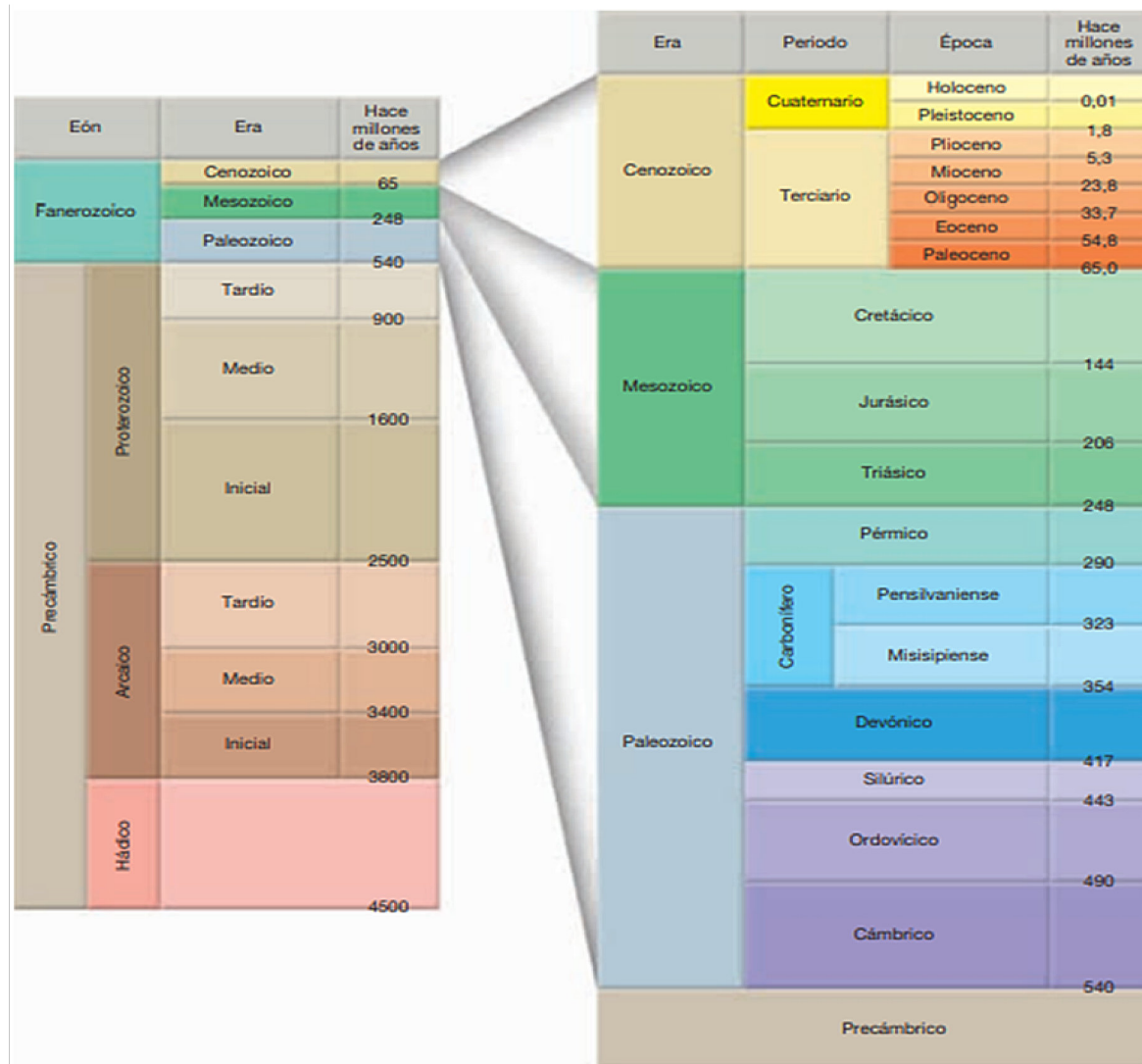


Tabla 1.- Escala del tiempo geológico. Los eones, eras y periodos son los tiempos relativos, establecidos según la datación relativa de unidades roca; las cifras son edades obtenidas por datación de elementos radiactivos. Fuente: *Ciencias de la Tierra*, por Tarbuck, E. J. y F. K. Lutgens, 2005, Ed. Pearson/Prentice-Hall.

Las unidades mayores son los eones, le siguen las eras, luego los periodos, después las épocas y las edades. Los eones son el Precámbrico y el Fanerozoico; las eras del Fanerozoico son el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. El Paleozoico se subdivide en siete periodos; el Mesozoico posee tres periodos y Cenozoico tiene tres periodos (*cf.* Tabla 1, anterior).

Se puede constatar que la escala del tiempo geológico presenta más detalle a partir del periodo Cámbrico, hace unos 541 millones de años, debido a que en este periodo comienzan a

aparecer las primeras formas de vida reconocibles a través de los restos fósiles conservados en las rocas, y que van a ser cada vez más numerosos hasta el Cenozoico. Estos 541 millones de años del Fanerozoico representan sólo cerca del 10% del tiempo geológico hasta ahora cuantificado. Como se observa en la tabla del tiempo geológico, todo el eón Precámbrico representa cerca de 4,000 millones de años sin vestigios apreciables de formas vivientes; y, en tiempo, este eón representa cerca del 90% de la edad de la Tierra; pero hasta ahora muy poco conocida.

En definitiva, al contrario de la noción aristotélica, el tiempo no es un “número”, sólo cuando se lo quiere “medir” y se le impone un número: la Geología impuso números al tiempo, y por ello, el tiempo geológico devino relativo: representa acontecimientos geológicos correlacionables y superpuestos en una escala temporal.

3.2- El Tiempo en la Cosmología

El Tiempo y la relatividad; el nuevo paradigma

En el marco de las ecuaciones de Maxwell, que satisfacen un principio de relatividad especial, para comprender las propiedades reales del mundo que vivimos fue necesaria la aportación de un principio adicional: la concepción como única entidad de un espacio-tiempo tetradimensional, el cual fue aportado por Hermann Minkowsky (1864-1909). Este principio fue enunciado en 1908 por Minkowsky: “En lo sucesivo, el espacio por sí mismo, y el tiempo por sí mismo, están condenados a desvanecerse en meras sombras; y sólo una especie de fusión entre los dos mantendrá una realidad independiente.”²⁵ En la representación del espacio-tiempo (tetradimensional, 3 dimensiones del espacio y 1 dimensión del tiempo) de la Figura 2, siguiente, cada punto de la imagen representa un suceso, es decir un punto en el espacio en un simple momento; un punto que tiene sólo una existencia instantánea. Tal figura representa toda la historia: pasado, presente y futuro. Así, una partícula que persiste en el tiempo, está representada por la línea, aquí denominada como *línea-de-universo*. Esta *línea-de-universo* puede ser recta o curva (si la partícula se mueve uniformemente, o y si se acelera, es decir, si se mueve no uniformemente, respectivamente), describe toda la historia de la existencia de la partícula²⁶.

La visión del espacio-tiempo de Minkowski procede de la física experimental, es decir, de la realidad material. Para la física clásica, galileana-newtoniana, Einstein estableció que la representación gráfica del movimiento de una partícula se puede visualizar de dos formas: como una imagen dinámica del movimiento y como una imagen estática. En el primer caso sería una serie de sucesos, en un continuo unidimensional, en el espacio-tiempo, en el cual las posiciones de una partícula se visualizan en el paso del tiempo; la segunda, se puede representar el movimiento en una trayectoria curva en el continuo bidimensional espacio-tiempo (cf. Figura 2).

²⁵ Penrose, R., 1989.- *The Emperor's New Mind*. Oxford University Press. *La Nueva Mente del Emperador*. Edición en español de 1991, por Grijalbo Mondadori. Barcelona, España. pp. 250.

²⁶ Penrose, R., *Ibidem*, pp. 251.

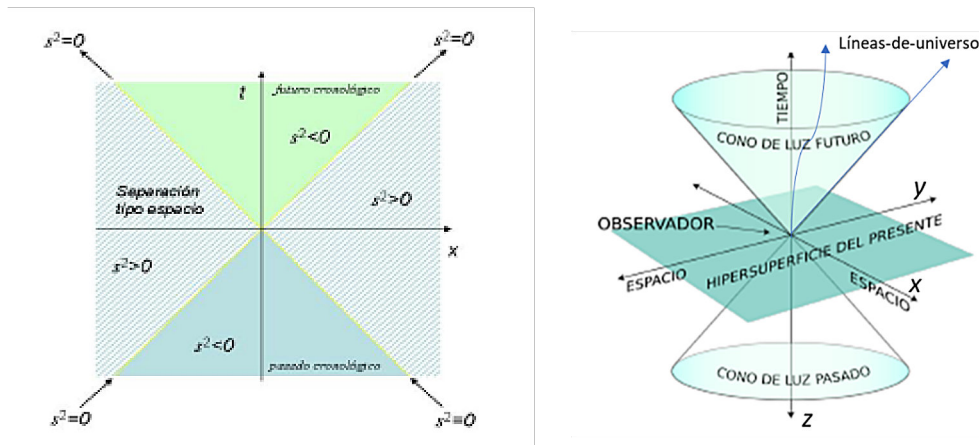


Figura 2. - Espacio bidimensional y tetradimensional de Minkowski (2 dimensiones en el primero (espacio en x e y y tiempo), y 3 dimensiones espaciales y una temporal, en la segunda figura), in Ortiz, 2016.

En la relatividad el tiempo es distinto para cada observador y sistema de referencia (de coordenadas) en el espacio-tiempo, como una sola identidad. Por ello, en relatividad, los fenómenos se representan en un espacio-tiempo tetradimensional, o espacio de Minkowski; donde una partícula o un fotón (que cambia de coordenadas) y se desplaza en el espacio-tiempo, como un suceso desarrollado en un *cono de luz invariante*, o fenómeno causa-efecto.²⁷

En este espacio-tiempo de Minkowski, un suceso visto por diferentes observadores en sistemas de referencia distintos. “El mundo de los sucesos es un continuo de cuatro dimensiones.”²⁸ El espacio y el tiempo son variables al pasar de un sistema de coordenadas a otro; empero, el intervalo espacio-temporal no varía de un sistema de coordenadas a otro, pero si existe variación entre los tiempos de los acontecimientos (o sea, hay relatividad de la simultaneidad) y existe variación en la distancia longitudinal entre ellos (relatividad de la longitud). Estas representaciones son factibles en el espacio de Minkowski. La línea vertical en este diagrama de Minkowski es la *línea-de-universo* o eje del tiempo *t* en el sistema de referencia *s*.

En la Figura 2, de la derecha, el pasado y el futuro de una partícula, o fotón, en O (origen u observador), cuya *línea-de-universo* es *t*, constituyen el *cono de luz* de O. Cualquier acontecimiento ocurrido dentro del cono de O tiene con respecto a O, una separación temporal según la cual en algún sistema alternativo S', ambos acontecimientos suceden en el mismo lugar, pero no en el mismo tiempo. Además, no hay ningún sistema alternativo S' en el cual sean simultáneos. El tiempo es, entonces, un conjunto de acontecimientos que se suceden en un mismo punto, y el espacio es el conjunto de los acontecimientos simultáneos.²⁹ Así, una *línea-universo* de una partícula o fotón persistentes en el espacio-tiempo; es un proceso que existe en sucesivos momentos; una historia que une las distintas posiciones en el espacio y en el tiempo, unidos en la entidad matemática-filosófica única espacio-tiempo.

²⁷ Ortiz, G. J., 2016.- *Los Elementos del Concepto de Tiempo Aristotélico en la Teoría de la Relatividad*. Tesis doctoral. Universitat Abat Oliba CEU, Facultad de ciencias Sociales., pp. 246.

²⁸ Einstein, A., 1969.- *La física: Aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Editorial Losada S. A., in Ortiz, G. J., *Ibidem*, pp.247.

²⁹ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 248.

En la imagen del espacio-tiempo de Minkowsky, la *línea-de-universo* de un fotón está representada como una línea recta inclinada a 45° de la vertical.³⁰ En la Figura 2, la magnitud de la coordenada *t* (TIEMPO) no describe el tiempo medido por un cronómetro preciso, salvo si está en reposo en el sistema de coordenadas con valores fijos de *x*, *y*, *z*, lo cual implica que el cronómetro tendría una *línea-de-universo* vertical en el diagrama³¹. Por ello, *t* (TIEMPO) es el tiempo para observadores en reposo con *líneas-de-universo* verticales. Para un observador en movimiento, la medición correcta estará sobre una línea diferente de la línea *t*, o TIEMPO, de la figura anterior.

Establecido lo anterior, “las invariantes geométricas del mapa universal de Minkowski no son, por tanto, más que la representación gráfica de relaciones también invariantes entre distancias, tiempos, velocidades, aceleraciones, fuerzas, masas, impulsos y energías de los puntos perceptibles, los cuales constituyen las leyes físicas absolutas de un Universo único que no depende de quién lo percibe.”³²

En un campo gravitatorio de mayor intensidad, el tiempo transcurre más lentamente. Las propiedades geométricas del espacio-tiempo están condicionadas por la materia. Una definición del tiempo en Física, según Einstein es: “el tiempo de un evento es la indicación de un cronómetro inmediatamente vecino al evento.”³³ Por tanto, la concepción del tiempo según la relatividad general, concibe que el tiempo transcurre de manera diferencial para diferentes campos gravitatorios; a mayor curvatura del espacio-tiempo, el tiempo medido pasa más lentamente, es decir, ocurre la dilatación temporal del tiempo. La concepción del tiempo basada en la relatividad general, es completamente diferente a la concepción profunda “lineal” del tiempo humano. Según la teoría de la relatividad, la materia-energía determina las propiedades geométricas y gravitacionales del espacio-tiempo. Y en sí, se trata ya de un espacio-tiempo crono-geométrico. Así, todo cuerpo masivo situado en una curvatura del espacio-tiempo se desplaza con un movimiento acelerado determinado por tal curvatura³⁴.

El tiempo, en la relatividad general, ya no es homogéneo ni uniforme, porque es intrínseco al espacio, a la materia-energía; los cuales son heterogéneos y dinámicos. También son relativas las mediciones del tiempo, ya que están subordinadas a los distintos campos gravitatorios. En la naturaleza ya no existen series temporales únicas; ni transcurre el tiempo con ritmos uniformes. Aunque, sin embargo, sí son posibles las relaciones de contemporaneidad entre distintas *líneas-de-universo* (cf. Minkowsky); y esta relación de contemporaneidad constituye la esencia fundamental del espacio-tiempo relativista. El tiempo relativista es sólo uno, en sentido topológico. De esta manera, la noción de simultaneidad, de la mecánica clásica, es sustituida por la de contemporaneidad del tiempo relativista³⁵.

Según la famosa ecuación de Einstein $E = mc^2$, “la energía posee masa y la masa representa energía. En lugar de dos principios de conservación se tiene uno sólo: el de la conservación de

³⁰ Penrose, R., 1989.- *The Emperor's New Mind*. Oxford University Press. *La Nueva Mente del Emperador*. Edición en español de 1991, por Grijalbo Mondadori. Barcelona, España., pp. 251-252.

³¹ Penrose, R., *Ibidem*, pp. 254.

³² Sommer, H., 1979.- *Relatividad sin enigmas. Un enfoque racional*. Editorial Herder, pp.185, in Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 246.

³³ Einstein, A., 1956.- *La Relativité*. Petite Bibliothèque Payot, Éditions Gauthier-Villars, pp. 32-33.

³⁴ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 234.

³⁵ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 237.

la masa-energía.”³⁶ Según la ecuación de Einstein, “cuanto más se acerque la velocidad de un cuerpo a la velocidad de la luz, tanto más difícil será aumentarla... Todo aumento ulterior resulta imposible. Esta modificación introducida por la teoría de la relatividad no nos puede sorprender, ya que la velocidad de la luz es un límite insuperable para todas las velocidades. Ninguna fuerza finita, por grande que sea, puede causar un incremento de velocidad más allá de dicho límite. En lugar de la ley de la mecánica clásica que relaciona la fuerza con el cambio de velocidad aparece, en la relatividad, una ley más complicada.”³⁷

Siendo que la relatividad especial niega la simultaneidad absoluta, la relatividad general negará la instantaneidad, en el marco del dinamismo que caracteriza al Universo en expansión y en permanente transformación, en un espacio-tiempo curvo, representado por la geometría no euclidiana de Riemann. En el Universo espacio-temporal de la relatividad general no existe la instantaneidad, tampoco existirá la simultaneidad absoluta. Así, la teoría de la relatividad general ha venido a reforzar la negación de la simultaneidad absoluta que implicó la teoría de la relatividad especial.³⁸

En resumen, en la teoría de la relatividad, matemáticamente, la concepción del tiempo es una “coordinada” en el espacio tridimensional. Así, existirían cuatro coordenadas en el espacio-tiempo (que en realidad serían sistemas de referencia). Esta geometría tetradimensional constituye la noción del espacio-tiempo en cuatro dimensiones donde ocurren los acontecimientos de la realidad universal multiescalar, así como los fenómenos conceptuales y experimentales de la curvatura del espacio-tiempo y la *dilatación del tiempo*. Ahora el tiempo es una propiedad geométrica, siendo la distancia entre dos sucesos, según su velocidad relativa. El espacio le “dice” a la materia cómo debe moverse, y la materia le “dice” al espacio cómo debe curvarse (John Wheeler). Esto es, *grosso modo*, el tratamiento del espacio-tiempo en física teórica y experimental. Y a estas nociones se suma la *función de universo* y el *espacio de Hilbert* conformado por tensores, para explicar la presencia de la gravedad en la geometría del espacio-tiempo. Estos conceptos de Hilbert han permitido la construcción de una nueva visión cosmológica del Universo.

De la expansión del Universo se concibe la flecha del tiempo geométrica universal. Por tanto, los semiconos de Minkowski en dirección de la expansión son los futuros, donde se contiene la coordenada t , o flecha del tiempo universal; esta sería la flecha cosmológica del tiempo y debida la entropía que aumenta en dirección al futuro. El tiempo universal no tiene reversibilidad; el tiempo geológico y el humano, tampoco. El inicio del tiempo universal es $t = 0$; y desde luego también el inicio del espacio-tiempo y de la materia. Empero, la incertidumbre es, todavía el tiempo; ya que el universo, según los diferentes modelos, puede ser cerrado, abierto o plano. Es decir, finalmente conocer cuándo y cómo, y cuánto es el tiempo, no es posible saberlo. Como este universo evolucionó, o evolucione, dependerá de la constante cosmológica, la cual es incierta conocer y cuantificar precisamente. También, se reconoce que el universo tiene una historia térmica (y la Tierra la tendría también). En resumen, según sea la evolución del Universo, para lo cual hay variados modelos, serán las características espaciales (o topológicas) del tiempo universal. Entonces, un *punto-instante* en el espacio-tiempo universal será un *aquí-ahora*, o un *hic et nunc*, único e irrepetible en toda la *eternidad-espacio*. El

³⁶ Einstein, A., 1969.- *La física: Aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Editorial Losada S. A., in Ortíz, G. J., *Ibidem*, pp.171.

³⁷ Einstein, A., *Ibidem*, in Ortíz, G. J., *Ibidem*, pp.168-169.

³⁸ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 244.

presente es un *prae-esse*, (en latín *prae*: delante, frente. Y *esse*: ser, existir, infinitivo de *sum*; soy existo). Un *Ἐγώ εἰμί*, (*Ego eimi*), “yo soy”, “yo existo”, en un *punto-instante* del Universo.

Y la luz, unida al espacio-tiempo, es *lux aeterna* (luz eterna) que viaja en el espacio-tiempo, y es tiempo también; pero los cuales no se comprenden aun en su naturaleza y profundidad. Y el tiempo universal (tiempo absoluto o flecha del tiempo universal entrópica), desde el inicio del espacio-tiempo hasta ahora, es espacio-tiempo-energía, desplegado en el fluir de instantes *ad infinitum*. El Universo posee una historia (tiempo transcurrido), por ello es asimétrico y posee dirección y sentido. Y, en dirección de la “flecha temporal”, la ley de la entropía lo hace irreversible, del pasado al futuro; al menos por ahora. Igualmente, la historia de la Tierra posee una flecha del tiempo que es irreversible. Al menos existen, por tanto, tres flechas de tiempo: la flecha termodinámica, del incremento de la entropía; la flecha psicológica de la consciencia (pasado, presente y futuro que experimenta el ser humano); y la flecha cosmológica, que refleja la expansión del Universo. Las tres flechas del tiempo tienen el mismo sentido.

Aproximación a la Edad del Universo

La base material para tratar de “medir” el tiempo es la materia del Universo, aunque a partir de aproximaciones y medios indirectos. Las apreciaciones de la edad del Universo, desde el *Big Bang* hasta la actualidad, se fundamenta en modelos que se basan, a su vez, en los siguientes hechos o teorías cosmológicas:

a.- La Teoría de la expansión del Universo (efecto Doppler-Fizeau de la luz creando sus trazas espectrales desplazadas hacia altas longitudes de onda al alejarse). El corrimiento al rojo z se define como: $z = \Delta\lambda/\lambda$. En estas condiciones, la velocidad de alejamiento llega a ser: $V = cz$, donde c es la velocidad de la luz; y donde V es válida para velocidades menores a la de la luz.

b.- La singularidad, es decir, en el pasado las galaxias estaban muy próximas, en un Universo muy pequeño, muy denso y muy caliente. Según la relatividad general el universo tenía dimensión nula y densidad y temperatura infinitas. Este aspecto es sólo matemático, porque la física actual es incapaz de describir los fenómenos junto a este punto llamado singularidad.

c.- El Factor de escala es $z + 1 = R_0/R_e$; donde: R_0 es al factor de escala actual; y $R(t)$ el del tiempo t ; R_e es el factor de la emisión de la luz estudiada. Si $z = 1$, entonces $R_0/R_e = 2$.

d.- Las constantes libres del modelo estándar; este modelo es un modelo del Universo obtenido a partir de las ecuaciones de Einstein, según diversas hipótesis simplificadas o pruebas: la radiación cosmológica de fondo; la expansión del Universo; y su composición química. Este modelo estándar funciona basado en tres constantes libres no calculadas, sino determinadas por observación: la constante de Hubble H_0 , la constante cosmológica Λ , y la densidad del Universo Ω_0 . La constante de Hubble es la representación de la edad del Universo, ya que representa la relación entre la velocidad de escape de las galaxias y su distancia.

Por otra parte, la constante cosmológica Λ , introducida por Albert Einstein, existiría, si la velocidad de expansión del Universo se acrecienta, la cual estaría produciendo la repulsión de la materia; por tanto, sería contraria a la gravitación de la misma. La constante cosmológica Λ tiene especial importancia en la transformación tiempo de Hubble y la edad del Universo. Y la

densidad del Universo Ω_0 se relaciona con el factor de escala, y define la cantidad de materia para que el Universo continúe en expansión, y sea estático o se contraiga.

Así, con base en los argumentos teóricos precedentemente expuestos, de manera breve, se puede evaluar la edad del Universo según determinado modelo cosmológico, entre todos los posibles. La evaluación de la edad es dependiente de las hipótesis que se adopten: Universo vacío (Einstein), de densidad nula, o si está en expansión (según varios modelos de Friedman); las estimaciones de las velocidades cosmológicas; la determinación de distancias por la utilización de luminosidades absolutas estándar de fuentes estelares (*v. gr.* cefeidas); la luminosidad de galaxias (relación Tully-Fisher); supernovas, así como las estimaciones de la velocidad y la constante de Hubble H_0 obtenidas de manera observacional sobre galaxias y supernovas.

Una aproximación a la edad del universo, por ejemplo, puede ser calculada a partir de H_0 , Ω_0 y Λ_0 . Así, la estimación actual de la edad del Universo (Planck y WMAP) sería: $\sim 13.8 \times 10^9$ años. Donde: H_0 es la constante de Hubble; Λ es la constante cosmológica de Einstein; y Ω_0 es la densidad del universo. Los valores asignados a estos parámetros, se exponen en la siguiente tabla (*cf.* Edwin Hubble).

H_0 Cte de Hubble	Ω_{m0}	$\Omega_{\Lambda 0}$	Edad (10^9 años)
72	1.0	0.0	9.0
72	0.3	0.0	11.0
72	0.3	0.7	13.1
60	1.0	0.0	10.9
60	0.3	0.0	13.2
60	0.3	0.7	15.7

La edad de las estrellas más antiguas de nuestra galaxia (cúmulos globulares) es estimada en ~ 13 mil millones de años. Es decir, todo modelo cosmológico que predice la edad del Universo menor a 13×10^9 años está en conflicto con los modelos de evolución estelar; esto es justamente para el nuevo modelo estándar ($H_0 = 68$; $\Omega_0 = 0.31$; $\Lambda_0 = 0.69$). El modelo estándar es el llamado Universo del “*Big Bang* caliente”; y el cual se fundamenta en tres pilares de observación: la expansión del Universo (escape de galaxias); la radiación cosmológica fósil de fondo de $T = 3 \text{ K}^\circ$ (ó 2.725 K°); y la abundancia de los primeros elementos de la tabla periódica de Mendeleiev (Hidrógeno y Helio). Que a su vez se apoyan en una teoría: la Relatividad General; y en un Principio cosmológico: un Universo homogéneo e isótropo.

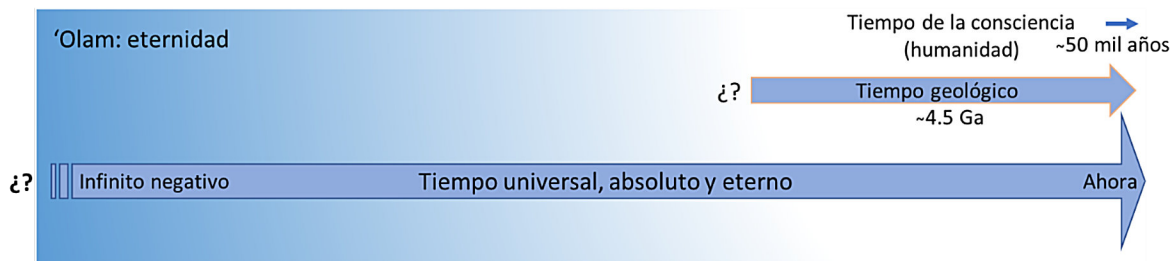


Figura 3.- Comparación “escalar” temporal del tiempo. El tiempo geológico sólo es una parte ínfima del tiempo universal; el tiempo humano es casi nada.

Finalmente, la edad del Universo, con todas las incertidumbres existentes como, la determinación de H_0 (errores en las apreciaciones de velocidades cosmológicas y distancias de

evaluación de Ω_0 , que varían enormemente entre 0.2 y 20), y los errores en la evaluación de la constante cosmológica (si es que existe), representa sólo una aproximación conjetural e imprecisa. Existen diversas incertidumbres sobre varios parámetros. Empero, las ideas existentes sobre la edad del Universo, en general, cuentan con el consenso de la mayoría de los cosmólogos. Así, de manera general, la Figura 3 muestra las relaciones cualitativas entre las tres nociones del tiempo: el tiempo universal, el tiempo geológico y el tiempo humano.

Por tanto, actualmente con base en el valor posible de $H_0 = 57 \pm 5 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$; en el marco del modelo estándar de Einstein-Sitter, la edad del Universo podría ser $t_0 = \sim 11.4 \pm 1$ mil millones de años. Aunque, por otra parte, según mediciones procedentes de Hipparcos proveen una edad, para los conjuntos globulares de galaxias, de 15 ± 3 mil millones de años. Esto no es concordante: que los objetos del Universo sean más antiguos que la propia edad del Universo. En las estimaciones de la edad del Universo, se espera que en el futuro se pueda mejorar la precisión de las medidas; y al parecer, las incertidumbres también proceden de la elección de los variados modelos cosmológicos sobre los que se desea fundamentar la estimación de la edad del Universo³⁹.

4.- EPÍLOGO CONCLUSIVO

En suma, la revolución intelectual sobre la edad de la Tierra fue obra de los geólogos, particularmente durante el siglo XVIII y XIX, que descubrieron que la Tierra y la vida en ella tenía una larga historia. Asimismo, la cosmología del siglo XX, con la teoría de la relatividad general y los descubrimientos astronómicos demostraron que el Universo también posee una infinita historia.

Las relaciones de tiempo, como reconocimientos en la consciencia, sólo son posibles desde lo que es permanente (caracterizado por relaciones de simultaneidad, de contemporaneidad, de sucesión), es decir, lo permanente es el substrato de la representación del tiempo. La determinación temporal es posible sólo en este substrato, que es la materialización de la existencia y la acción de los fenómenos físicos que han ocurrido en el mundo-cosmos. Este proceso de conocimiento (epistemológico) fue la esencia del reconocimiento del tiempo geológico, o de los periodos de tiempo geológico materializados en las rocas sedimentarias, el cual fue realizado por Hutton; ya que él reconoció objetos “permanentes” o “substratos” (rocas) en relaciones de simultaneidad, contemporaneidad, sucesión (o correlación estratigráfica). Esta fue la clave esencial del descubrimiento del tiempo objetivo (caracterizado por la persistencia) registrado en Geología, e inserto en el tiempo absoluto, universal (el tiempo infinito), que constituyó una revolución intelectual en el conocimiento humano sobre el mundo.

En el espacio-tiempo no hay simultaneidad absoluta, no hay “secciones transversales” que contengan todos los sucesos verdaderamente simultáneos⁴⁰. Análogamente, en estratigrafía (sedimentología) no hay espacio-tiempos simultáneos o sedimentación simultánea correlacionable absolutamente en tiempo geológico, porque los acontecimientos geológicos ocurren en una superficie de tipo espacio-tiempo sobre la superficie de la Tierra. Y cada punto en esa superficie tipo espacio-tiempo (medio sedimentario), no habrá los mismos eventos

³⁹ Maratrey, J. P., 1999.- *L'age de l'universe*. Quasar 95, Club d'Astronomie de Valmondois. 12 p.

⁴⁰ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 237.

sedimentarios simultáneos ni uniformistas (es decir, cada punto en esa superficie-tipo habrá infinidad de conos de luz (eventos) en el espacio de Minkowsky⁴¹). El pasado de la Tierra está registrado en las rocas y sus estructuras, las cuales son su memoria. En el mundo geológico hay tiempo pasado materializado en el registro de las rocas sedimentarias. El presente es la acción de los fenómenos geológicos; y el futuro de la Tierra todavía no existe. La Tierra y el Universo constituyen un problema científico y filosófico de infinitas consecuencias. El espacio-tiempo, y la materia-energía contenida en él, ha existido de menos infinito a más infinito $(-\infty, \infty)$; mucho después, muy tarde, llegó el hombre y su consciencia a experimentar el mundo. Aun sin la existencia del ser humano, el espacio-tiempo, y el tiempo universal y absoluto, han existido y existirán *aeternaliter* (eternamente). Si el hombre (su consciencia) se situara en el espacio sideral (universo), ya no habría para él cuenta del tiempo (en días, meses años...), pero la profundidad del tiempo, siempre existiría. El tiempo es absoluto y universal, nuestra consciencia se pierde en él.

Sensu stricto, el tiempo no puede ser definido, puesto que cualquier concepto que se utilice para ello, será un “concepto” que presupone el tiempo. Por tanto, el tiempo no es un concepto, permanece como una intuición. No es el tiempo el que pasa, sino la existencia de lo transitorio lo que sucede o pasa en él; el tiempo no cambia, sólo su contenido (*cf.* Ortiz, 2016.)⁴² Y pensando en el espacio-tiempo, universal, éste es inmutable, absoluto e infinito; y lo que cambia en el espacio-tiempo es su contenido: la materia, la energía, los fenómenos.

“Porque el tiempo sólo pasa: huye, es inaprensible, escapa al análisis y al pensamiento, y siempre perdura. ¿Cómo no habría de existir si resiste todo y nada le resiste? ¿Cómo no habría de existir, si contiene todo lo que existe? Ser, es ser en el tiempo; así, el tiempo precisa ser. Contiene todo, envuelve todo, devora todo: todo lo que ocurre, ocurre en el tiempo y nada, sin él, podría ser ni devenir. Es, exactamente, la condición de lo real.”⁴³ Este mundo es el único que la consciencia “conoce”, o al cual tiene acceso. “No hay un dominio en que lo *absurdo* y el *misterio* estén más próximos, más íntimamente ligados, que en la experiencia de ese flujo que nosotros creemos conocer, en el que discurre y se mide nuestra vida, y que llamamos simplemente: *tiempo*. Todos aquellos que, desde Platón hasta Heidegger, se han ocupado de la definición del tiempo han vuelto a encontrar las mismas dificultades.”⁴⁴

En la Física, y la ciencia en general, el tiempo es la base de los fenómenos representados en las ecuaciones matemáticas. Las ecuaciones son simétricas respecto al tiempo (*cf.* las ecuaciones de Newton, Hamilton, Maxwell, Dirac, Schrödinger, Einstein...). En ellas, el tiempo es reversible, puede ir hacia “atrás” o hacia el “devenir”. Pero la irreversibilidad ontológica es la realidad del cosmos, del espacio-tiempo donde nuestro ser existe. En la realidad el “tiempo matemático” no tiene significación ontológica. *Ergo*: “no podemos meternos dos veces en el mismo río”, permanece válido el *dictum* de Heráclito.

⁴¹ Penrose, R., *Ibidem*, pp. 277.

⁴² Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 156-160.

⁴³ Compte-Sponville, A., 2001.- *¿Qué es el tiempo? Reflexiones sobre el presente, el pasado y el futuro*. Editorial Andrés Bello. Traducción de Pierre Jacomet. Título de la edición original: *L'être-temps*, Ed. Presses Universitaires de France., pp.25.

⁴⁴ Guittton, J., 1991.- *Lo absurdo y el misterio*. EDICEP. Primera edición en francés en Desclée de Brouwer, en 1984, con el título: *L'absurde et le mystère*.

En fin, perviven varios conceptos o nociones del tiempo: el tiempo relativo de la Geología; los relojes biológicos; el tiempo tetradimensional de la física y Minkowski; el tiempo de la relatividad general de Einstein; el tiempo histórico humano; el tiempo de la consciencia; el tiempo en cosmología; el tiempo de la creación y el tiempo del fin en la enseñanza cristiana; el tiempo en filosofía; el tiempo de las horas de las tardes apacibles...etcétera. Finalmente, el tiempo no es más que una ilusión, *dixit* Einstein, para nuestra consciencia, pero es el reflejo de una entidad real sobre la cual reposa, y es, todo lo que existe en el maravilloso Universo; y en el cual hemos sido puestos.

"La gente como nosotros, quienes creen en la física, sabe que la distinción entre el pasado, el presente y el futuro, es sólo una ilusión obstinadamente persistente." Son las sabias palabras de Alberto Einstein dirigidas en una carta escrita al hijo y la hermana de Michele Angelo Besso, el 21 de marzo de 1955. ¡Ah, enigma inconmensurable!

Ahora, al instante, este brevísimo y metafórico texto ha terminado, a causa del incremento de la entropía y porque el espacio-tiempo ha llegado a su fin.

Arte poética

Mirar el río hecho de tiempo y agua
y recordar que el tiempo es otro río
saber que nos perdemos como el río
y que los rostros pasan como el agua.

Arte poética, fragmento,
Jorge Luis Borges.

Geología y literatura fantástica, ¿una buena relación?

Blanca Martínez-García

Un buen lema a la hora de hacer divulgación de la geología es innovarse o morir. Incluso, puede ser repetido como un mantra mientras se elabora material docente, sobre todo en niveles preuniversitarios. Y es que no es sencillo captar el interés por nuestra ciencia por parte del público en general, en especial de los adolescentes. Quizás una buena idea sea emplear la lectura de grandes clásicos de la literatura fantástica en los que la geología sea protagonista y discutir las hipótesis descritas en esos relatos. Pero, ¿han existido escritores que le hayan dado tanta importancia a la geología en sus novelas?

Cuando nos preguntamos por la relación entre literatura y geología, siempre pensamos en nuestra ciencia como una mera herramienta literaria para hacer descripciones del lugar en el que ocurre la trama de la obra. El uso de términos geológicos cuyo significado conoce todo el mundo, tales como bahía, marisma, montaña o lago, hace que los lectores nos sumerjamos en dicha obra y nos metamos en el papel del protagonista de la misma. Sin embargo, ha habido autores que, en sus creaciones literarias, le han dado ese protagonismo directamente a la geología y de una manera realmente sorprendente. Pero vamos a empezar esta historia con un evento geológico real, que es como debe comenzar toda obra de ciencia ficción.

1816, el año sin verano

En abril de 1815 entró en erupción el volcán Tambora, localizado en la isla de Sumbawa, en Indonesia. Esta erupción ultraplíniana tuvo un índice de explosividad volcánica (IEV) 7, lo que la convierte en la más explosiva registrada en la historia reciente. Expulsó toneladas de ceniza y gases volcánicos que rápidamente cubrieron la atmósfera, provocando una disminución generalizada de las temperaturas en el Hemisferio Norte y la consecuente pérdida de cosechas, que a comienzos del s. XIX implicaba inevitablemente hambrunas y enfermedades. Así que, a los miles de muertes directas provocadas por los flujos piroclásticos, la lava y los tsunamis generados por la propia erupción, hay que sumar otros miles más debido a esa escasez de alimentos. Tal fue la afectación climática asociada a esta erupción volcánica que a 1816 se le conoce como “el año sin verano”.



Recreación de la erupción del volcán Tambora en 1815, realizada por Greg Harlin y Wood Ronsaville Harlin para la revista Smithsonian magazine. Imagen www.smithsonianmag.com

Pero cuando se acerca el invierno se agudiza el ingenio. En junio de ese año sin verano de 1816, George Gordon Byron, más conocido como Lord Byron, invitó a varios amigos a pasar unos días en una casa victoriana a los pies de un lago suizo, entre los que se encontraba Mary Wollstonecraft Godwin, más tarde conocida como Mary Shelley. Rodeados por ese clima frío y húmedo, con tantas muertes y enfermedades, y algo envalentonados por el alcohol y el láudano, a Byron se le ocurrió hacer una apuesta con el resto para ver quién sería capaz de escribir la historia más terrorífica en esos días. Así vio la luz Frankenstein o el moderno Prometeo, de Mary Shelley. Había nacido la ciencia ficción, incubada por una erupción volcánica. Y es en este género donde una serie de escritores decidieron emplear su obra como medio de divulgación del conocimiento científico de la época, incluida la geología. Curiosa relación a modo de homenaje.

Renovando la novela gótica

En 1809, en Boston (Estados Unidos), nació Edgar Allan Poe. Tuvo una infancia desdichada, ya que a los cuatro años se quedó huérfano, siendo acogido por el matrimonio Allan y adoptando así su apellido. En 1815, la familia viajó a Escocia debido a negocios y en 1816 se trasladaron a Londres. El viaje en barco atravesando el Atlántico no supuso un buen recuerdo para un niño pequeño que nunca había dejado de pisar tierra firme, pero lo que realmente traumatizó a Poe durante toda su vida fue ver pequeños icebergs libres en las costas inglesas, generados al norte de las Islas Británicas fruto de la bajada de temperaturas producida por la erupción del volcán Tambora.

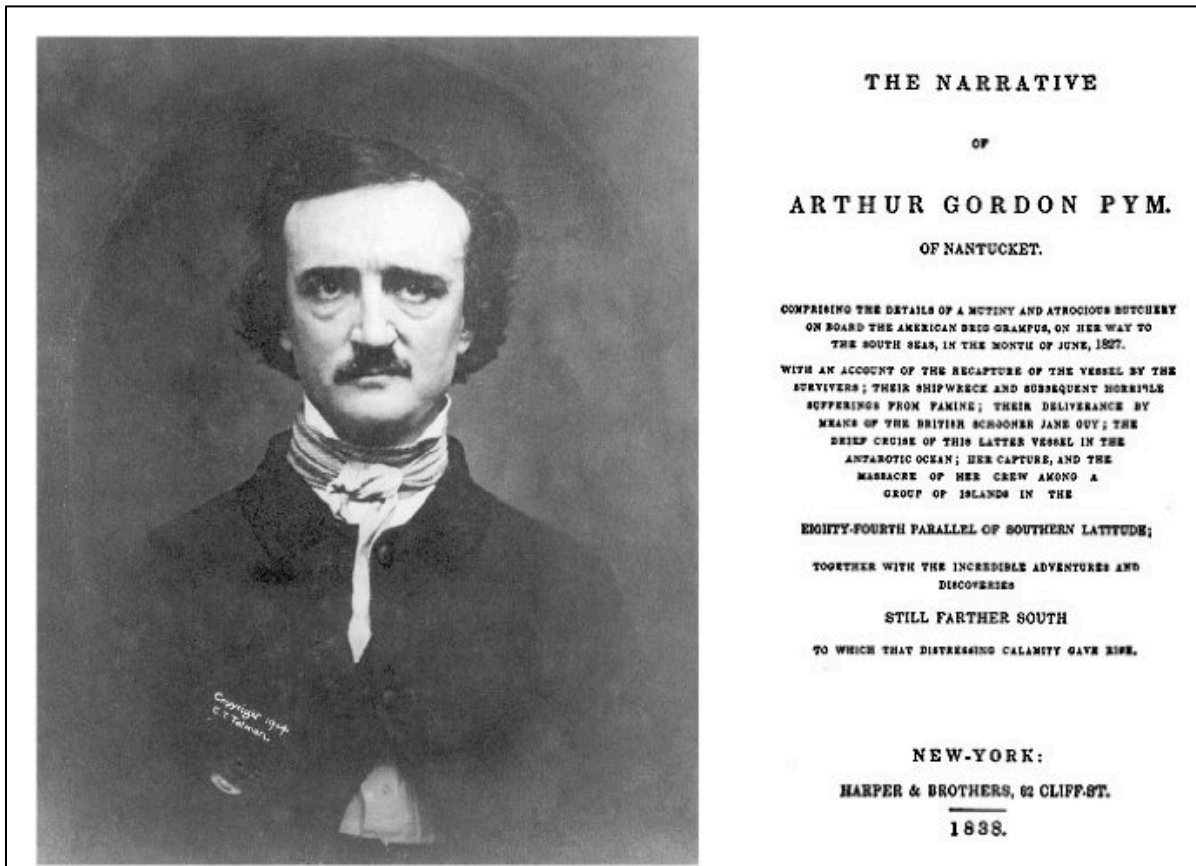
Poe quiso intentar vivir de la escritura, teniendo como influencia a Byron y otros escritores góticos de finales del s. XVIII y comienzos del s. XIX. Sin embargo, decidió renovar esa literatura gótica y de terror al más puro estilo de Mary Shelley, añadiendo una base científica a muchas de sus historias, convirtiendo sus relatos en herramientas de divulgación de la ciencia para el público en general. Y aunque tenía predilección por la astronomía y las matemáticas, no se olvidó de la geología.



Fotograma de la película Remando al viento (Gonzalo Suárez, 1987), donde la actriz Lizzy McInnery interpreta a Mary Shelley, que recrea la reunión de Lord Byron y sus amigos en Suiza en 1816.

Un ejemplo de la presencia de la geología en la obra literaria de Poe lo encontramos en el relato satírico Algunos episodios de la vida de un hombre de moda (Lionizing, 1835). En esta obra, el autor junta en una cena a varios personajes que destacan por alguna particularidad, y uno de esos personajes es un geólogo que se dedica a hablar sobre tipos de minerales y rocas, utilizando términos como esquisto, chorlo, pudinga o amatista. Esta preferencia de Poe sobre el tema a tratar por su personaje no es casualidad, ya que nos encontramos en pleno apogeo de la realización de los primeros mapas geológicos en Europa y Norteamérica, no sólo con un objetivo científico, sino también económico para las grandes potencias mundiales de la época. Así que, realmente, la petrología y la mineralogía eran temas que estaban de moda durante la primera mitad del s. XIX.

Pero también en su única novela larga, La Narración de Arthur Gordon Pym (The Narrative of Arthur Gordon Pym of Nantucket, 1838), Poe se acuerda de la geología. Esta obra trata de un joven norteamericano que se escapa de casa para ser marinero y, después de mil pesares, termina enrolado en una expedición a la Antártida. Poe escribió esta novela fruto del trauma infantil que sufrió en el viaje que realizó de niño desde Norteamérica hasta Escocia y, especialmente, afectado por el recuerdo de ver los pequeños icebergs libres en las costas inglesas en 1816. Pero volvamos a la parte científica de la historia. En aquella época aún se desconocía si la Antártida era un único continente helado o una serie de islas aisladas, así que el autor pudo dejar volar su imaginación e inventarse la geología de esta tierra inexplorada. Y Poe se la imagina como una mezcla de rocas ígneas, principalmente granito, y sedimentarias, destacando las margas negras, con unas propiedades y una estratificación nunca vistas en ninguna otra parte de nuestro planeta.



Daguerrotipo de Edgar Allan Poe, obtenido por W. S. Hartshorn en 1848, y portada de la primera edición de La Narración de Arthur Gordon Pym (The Narrative of Arthur Gordon Pym of Nantucket, 1838). Imágenes tomadas de <https://commons.wikimedia.org/>

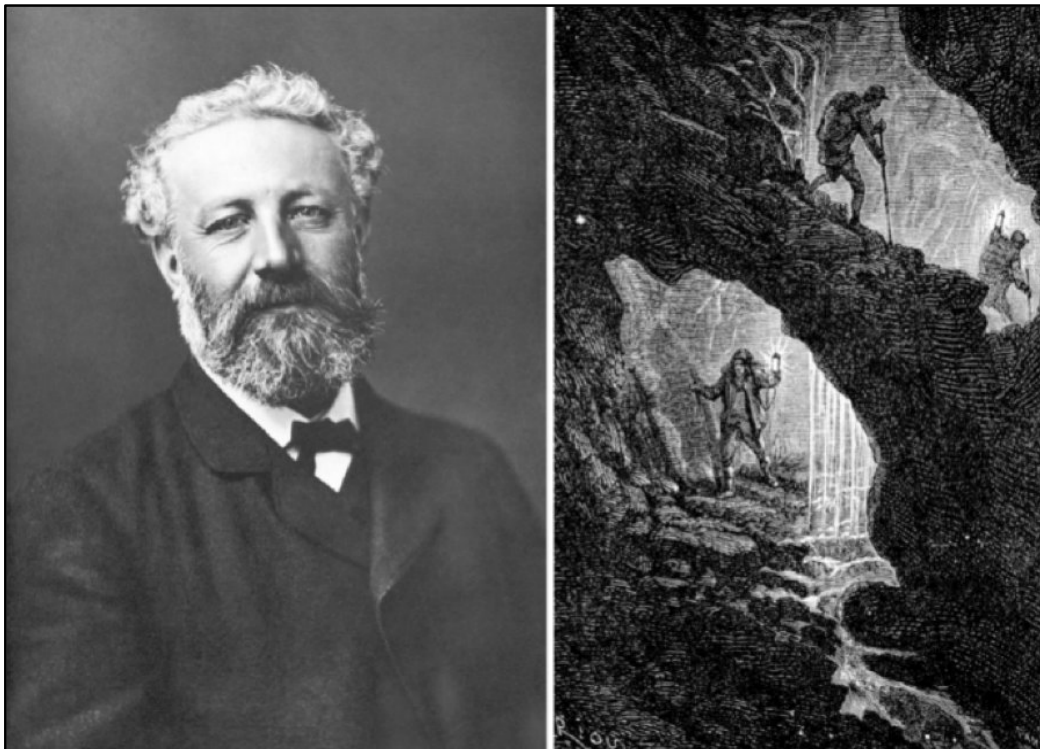
El nacimiento de la Ciencia Ficción Moderna

Jules Gabriel Verne nació en Nantes (Francia) en 1828. Aunque su padre quería que fuese abogado, desde muy joven decidió vivir de la escritura. Admiraba públicamente a Poe, pero se alejó de la literatura gótica decantándose por la novela de aventuras, pero manteniendo una potente base científica en todas sus obras ya que, desde niño, demostró una curiosidad casi enfermiza, dedicándose durante toda su vida a coleccionar artículos y libros científicos. Por esta razón es considerado como uno de los padres de la ciencia ficción moderna junto a Herbert George Wells. Tal era su obsesión por el conocimiento científico que quiso convertir sus novelas en herramientas de divulgación científica para el público en general, llegando a escribir algunas obras que se pueden considerar como auténticos manuales científicos de la época. Y sin olvidarse de la geología, claro.

Una de las novelas de Verne en las que la geología cobra protagonismo es La esfinge de los hielos (Le sphinx des glaces, 1897). Esta obra trata sobre un geólogo que se encuentra estudiando la geología de las Islas Kerguelen, en el Sur del

Océano Índico, y acaba enrolado en una expedición a la Antártida. Según Verne, todos estos terrenos son rocas de origen ígneo, empleando para su descripción términos como lavas endurecidas, escorias polvorientas o cráteres extinguidos.

Sin embargo, el manual de geología por excelencia de Verne es Viaje al centro de la Tierra (Voyage au centre de la Terre, 1864), ya que en esta obra recoge todo el conocimiento geológico del s. XIX. Describe las aventuras vividas por un profesor de mineralogía alemán y su sobrino, a la par que pupilo, cuando deciden emprender un descenso hacia el centro de nuestro planeta. Una de las primeras ideas geológicas que presenta Verne en la novela trata sobre la posibilidad de alcanzar el centro de la Tierra, confrontando las dos hipótesis imperantes en la época. Por un lado, si la temperatura aumenta según se incrementa la profundidad, el centro de la Tierra debería encontrarse en estado gaseoso. Por el contrario, si el planeta se ha enfriado desde el interior hacia el exterior, su centro estaría en estado sólido y se podrían encontrar aberturas y cuevas que lo atravesasen de parte a parte. Para sustentar esta última hipótesis, Verne hace que su protagonista experimente con el enfriamiento de esferas metálicas, al más puro estilo del Conde de Buffon. Alude también al enfrentamiento entre la hipótesis neptunista de Abraham Werner y la plutonista de James Hutton referentes al origen y formación de las rocas, describiendo que la corteza continental está formada por granito como la roca primordial, sobre la que se encuentran tres capas formadas por esquistos, gneiss y micaesquistos. Así mismo describe la hipótesis contraccionista de los geosinclinales de James Dana, basada en movimientos verticales de la corteza elástica, para explicar la formación de las montañas y ciertos hundimientos de terrenos sedimentarios hacia el interior de la Tierra. Igualmente opone el catastrofismo de Georges Cuvier al uniformismo y actualismo de Charles Lyell, describiendo de manera detallada la tabla cronoestratigráfica de finales del s. XIX, citando todos los periodos geológicos conocidos, así como los tipos de rocas y los fósiles que los caracterizaban, en clara alusión a un incremento en la diversidad y complejidad biológica desde tiempos más antiguos hacia más modernos. Pero éste no es el único guiño a la evolución planteada por Darwin apenas seis años antes. Porque una cosa que sorprende leer en varias partes de la obra de Verne son numerosas referencias al diluvio, a la creación o a los siglos de historia natural. Pero esas alusiones religiosas desaparecen cuando el autor hace referencia al hombre cuaternario. Era la época en la que se estaban descubriendo numerosos yacimientos de homínidos primitivos que hacían plantearse a los paleoantropólogos una edad más remota para el origen de nuestra especie. Y es en esta parte el único lugar de toda la obra donde Verne cita una edad, cien mil años de existencia para la raza humana.



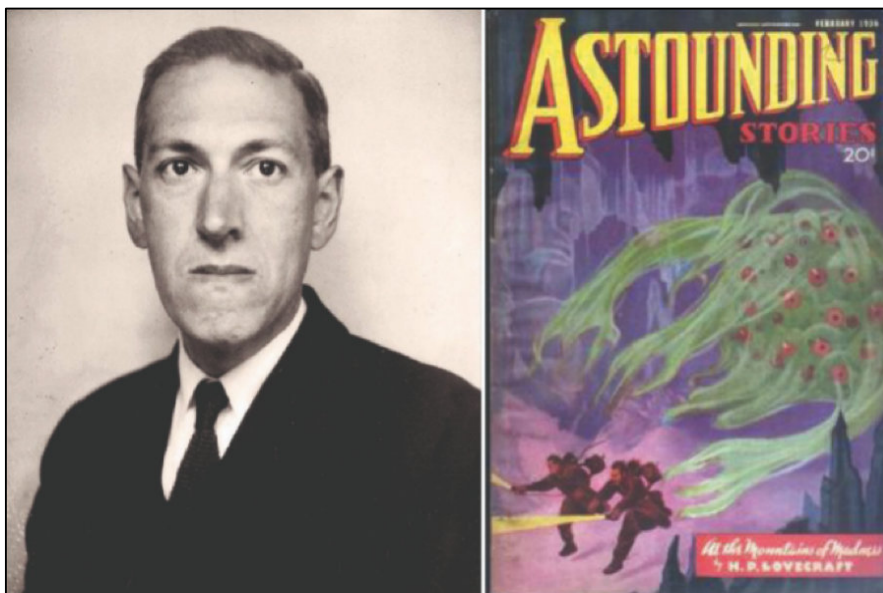
Fotografía de Jules Gabriel Verne, tomada por F. Nadar probablemente en 1878, y grabado de É. Riou realizado para la primera edición de Viaje al centro de la Tierra (Voyage au centre de la Terre, 1864). Imágenes tomadas de <https://commons.wikimedia.org/>

La mitología del horror cósmico

En 1890 nació en Providence (Estados Unidos) Howard Phillips Lovecraft. Aunque fue un niño precoz en lo relativo a la escritura, realmente se planteaba escribir más por placer que para vivir de la producción literaria. Al igual que Verne, Lovecraft también era un auténtico admirador de Poe y otros escritores góticos, que influyeron radicalmente en su manera de escribir. E igualmente se decantó por mostrar el conocimiento científico de la época en sus obras. Y Lovecraft sí que tenía bastante preferencia por la geología.

Una de las obras en las que tiene protagonismo la geología es El color surgido del espacio (The Colour Out of Space, 1927). Este relato trata sobre un extraño meteorito que cae en una granja de un pequeño pueblo de Estados Unidos y un grupo de investigadores de la universidad se acercan a coger muestras y estudiarlo. Así, Lovecraft describe, como si se tratase del apartado de metodología de una publicación científica del ámbito de la geología, todos los análisis físico-químicos que realizan sobre la muestra, desde calentarla al carbón hasta atacarla con ácido clorhídrico o amoniaco.

Pero es en la novela En las Montañas de la Locura (At the Mountains of Madness, 1936) donde se observa la mayor influencia de la geología en la obra de Lovecraft. Trata sobre un geólogo que dirige una expedición científica a la Antártida con el objetivo de estudiar su origen y evolución geológica. Y Lovecraft lo plantea como una actualización del manual de geología de Verne, Viaje al centro de la Tierra, que incluya los últimos avances científicos desde finales del s. XIX hasta comienzo del s. XX. Así, Lovecraft aprovecha para completar la tabla cronoestratigráfica relatada por Verne, incluyendo nuevos periodos geológicos y restos fósiles a modo de listado paleontológico. También define las rocas metamórficas utilizando la formación de la pizarra a modo de ejemplo. Aunque estas rocas ya fueron citadas por Hutton y Lyell en sus tratados de geología, no fue hasta finales del s. XIX cuando se conocieron en profundidad los procesos de metamorfismo, por lo que Verne no nombraba este tipo de rocas e incluía los gneiss o los esquistos dentro de las rocas ígneas. Así mismo, Lovecraft emplea el registro fósil como evidencia de una evolución biológica cada vez más compleja hacia momentos más modernos, pero con ciclos de extinciones y radiaciones posteriores. Destaca también la edad aceptada por Lovecraft para las formas de vida más antiguas, datándolas entre quinientos y mil millones de años. Durante el s. XIX imperaban los cálculos de Lord Kelvin, que aportaban una edad para la Tierra de entre veintiséis y cien millones de años, pero cerca del cambio de siglo, el descubrimiento de la radioactividad por Henri Becquerel y su mayor conocimiento a partir de los estudios de Pierre y Marie Curie, permitieron ampliar esta edad a varios miles de millones de años, tal y como postulaban muchos geólogos como Lyell. Así que Lovecraft estaba actualizado en cuanto a los últimos métodos de datación radiométrica. Incluso asume como una certeza científica que en otros tiempos en la Antártida imperaba un clima tropical y no fue hasta hace unos quinientos mil años que no se cubrió de hielo. Y la última hipótesis de la que se hace eco Lovecraft es la deriva continental de Alfred Wegener, precursora de la teoría de la tectónica de placas definida en los años sesenta del s. XX.



Fotografía de Howard Phillips Lovecraft, realizada por L. B. Truesdell en 1934, y portada del número de febrero de la revista Astounding Stories, donde se publicó En las Montañas de la Locura (At the Mountains of Madness, 1936) dividida en tres partes. Imágenes tomadas de <https://commons.wikimedia.org/> y <https://en.wikipedia.org/>, respectivamente.

Lo que la geología ha unido

En este pequeño repaso a la producción literaria de estos tres grandes maestros de la literatura fantástica ha quedado patente que la geología es un tema recurrente en sus obras. Pero no es la única temática que ha sido su fuente de inspiración. Los tres parecían tener una curiosidad desmedida por la evolución temporal y la naturaleza geológica de la Antártida.

Esto se debe a que Poe concibió La Narración de Arthur Gordon Pym como si fuese una transcripción del diario del protagonista, pero dejó la novela sin final aludiendo a que se habían perdido las dos últimas entradas de dicho diario. Cuando Verne leyó la obra quedó fascinado y se obsesionó con escribir una segunda parte para darle un final científico. Así fue como nació La esfinge de los hielos, en donde queda patente que estamos ante una continuación de la obra original de Poe. Y el final imaginado por Verne también es muy geológico, ya que alude al magnetismo terrestre. Algo parecido le sucedió a Lovecraft, que también admiraba la novela de Poe y quiso aportar su propio final, en este caso desde una visión de terror cósmico. Escribió de esta manera En las Montañas de la Locura, que incluye numerosas referencias a la novela original de Poe. Pero no hay que olvidar que Poe escribió La Narración de Arthur Gordon Pym fruto de ese trauma infantil sufrido por el viaje en barco por el Atlántico y, especialmente, por la visión de pequeños icebergs en las costas inglesas en 1816, producidos por la bajada generalizada de las temperaturas tras la erupción del volcán Tambora ocurrida un año antes.

Parece que fue un evento geológico natural, una erupción volcánica en una isla de Indonesia, la que germinó la semilla de la literatura fantástica tal y como la conocemos hoy en día. El cambio social y de mentalidad sufrido tras las consecuencias climáticas asociadas a dicha erupción produjo una revolución en la literatura gótica de Mary Shelley que repercutió en Edgar Allan Poe. Y este autor ha influido en generaciones de autores posteriores que se han decantado por mezclar una base científica actualizada con una magnífica ficción literaria, entre los que podemos citar a Jules Gabriel Verne, Howard Phillips Lovecraft, Herbert George Wells, Edgar Rice Burroughs, Isaac Asimov, Arthur Charles Clarke o Michael Crichton. Probablemente, sin la erupción del volcán Tambora en 1815 no tendríamos todos los géneros y subgéneros de literatura fantástica que conocemos hoy en día.

Y aunque también nos parezca increíble, empleando únicamente algunas de las obras de tres grandes maestros de la literatura fantástica, Poe, Verne y Lovecraft, es posible preparar una clase sobre la evolución histórica de la geología durante más de un siglo. ¿Aún nos preguntamos cuál es la relación entre literatura y geología?

Bibliografía:

- Lovecraft, H.P. 1927. The Colour Out of Space. *Amazing Stories*, 2 (6).
 Lovecraft, H.P. 1936. At the Mountains of Madness. *Astounding Stories*, 2-4.
 Poe, E.A. 1835. Lionizing: A Tale. *Southern Literary Messenger*, Richmond.
 Poe, E.A. 1838. The Narrative of Arthur Gordon Pym of Nantucket. Harper & Brothers, Nueva York.
 Verne, J.G. 1864. Voyage au centre de la Terre. Pierre-Jules Hetzel, París.
 Verne, J.G. 1897. Le sphinx des glaces. Pierre-Jules Hetzel, París.

Fuente: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/09/geologia-y-literatura-fantastica-una-buena-relacion/>

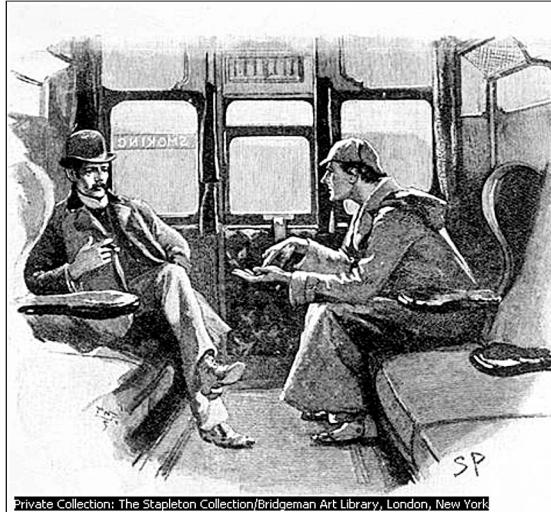
Blanca Martínez-García, licenciada (2006) y doctora (2012) en geología por la Universidad del País Vasco. Actualmente soy miembro activo del Departamento de Geología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, vocal de la Sociedad Geológica de España y una de las coordinadoras de la Comisión de Mujeres y Geología de la SGE. Especialista en reconstrucciones paleoambientales de medios acuáticos cuaternarios y miocenos empleando microfósiles. Siempre comprometida con la divulgación de la geología, me encanta innovar y buscar nuevas fuentes de inspiración. Colegiada número 7556. Email: cyclocypris.ovum@gmail.com Twitter: [@BlancaMG4](https://twitter.com/BlancaMG4)



EL MÉTODO DE SHERLOCK HOLMES Y LA GEOLOGIA

Humberto Álvarez Sánchez
Colaborador de la Revista

Expedición Checoslovaco-Cubana. Servicio Geológico. Cuba Central.



Private Collection: The Stapleton Collection/Bridgeman Art Library, London, New York

INTRODUCCIÓN

Querido Watson, cuando haya acabado con ese cuarto huevo estaré en condiciones de ponerle al corriente de toda la situación....“El Valle del Terror”.

Comúnmente, al menos en nuestro medio, los geólogos no se destacan por su inclinación a reflexionar filosóficamente sobre su propio trabajo y hacerlo, a mi juicio, podría muy bien servir para evitar cierta clase de errores que demasiado a menudo se cometen en nuestra práctica profesional.

Por otra parte; no estoy lejos de pensar que las deficiencias existentes en la enseñanza universitaria de las ciencias geológicas, desinteresan al estudiante sobre específicas cuestiones de la doctrina del pensamiento que, muy al contrario de lo que se creé, resultan materias posteriormente esenciales en el ejercicio profesional. Movidio por estas inquietudes, sentí la necesidad de dedicar un breve estudio al razonamiento geológico; su lógica y estilo así como a los mecanismos mediante los cuales los geólogos pueden llegar a conclusiones correctas mediante la observación de los hechos naturales.

Por supuesto, el tema no es nuevo aunque dista de encontrarse agotado. Muchos geólogos, entre los que se cuentan a grandes maestros de la profesión, dedicaron esfuerzos para iluminar aspectos confusos o polémicos de la trama compleja de métodos y esquemas de interpretación que constituyen el edificio de nuestra ciencia. Bradley (1963) fue autor de un párrafo que me sedujo por su capacidad para expresar claramente una de las cuestiones que deseo tocar..... *“los geólogos siempre se están enfrentando a la tarea de reconstruir los acontecimientos que se han sucedido en gran escala y del remoto pasado sirviéndose para ello de los restos parciales de los productos de aquellos acontecimientos. Este problema combinado es como un premio a la capacidad de razonar analógica, inductiva e imaginativamente....”.* Y más adelante expresa Bradley..... *“Puesto que el geólogo utiliza datos fragmentarios -que son resultados incompletos de experimentos cuya terminación es a largo plazo, debe emplearse el razonamiento inductivo para reconstruir el todo a partir de sus partes”.*

Que los geólogos tomen como punto de partida de sus razonamientos un resultado póstumo de una larga cadena de acontecimientos, no solo expresa la esencia de los fenómenos que se estudian sino también una característica específica del pensamiento geológico propiamente dicho; es decir, su carácter histórico. El pensamiento de nuestra ciencia está determinado, precisamente, por su lógica retrospectiva. Esta determinación, en un sentido kantiano de la palabra, es

¹Versión revisada por el autor de la edición de 1981 de la ViceRectoría de Postgrado del la Universidad “Hermanos Saiz”. República de Cuba.

explicada por Simpson (1963) cuando examina las alternativas metodológicas entre las ciencias históricas y no históricas: La descripción de acontecimientos futuros como resultado de causas de las cuales ellos son consecuentes (como en el caso de la Física Mecánica, de la Química Estequiométrica y otras ciencias); es decir, la predicción o, de lo contrario; la deducción de las causas a partir de los resultados observables o interpretables (como en el caso de la Geología, de la Sociología); es decir, la postdicción.

Con la operación de la postdicción, que confiere a nuestro pensamiento un estilo, y la técnica retrospectiva de nuestra lógica; los geólogos fuimos capaces de encontrar explicación de fenómenos e identificar causas de procesos de tal complejidad, que llegaron a significar retos supremos a la inteligencia humana y supimos hacerlo, valiéndonos para ello de instrumentos mentales, más bien que de grandes equipamientos y laboratorios, en un grado sensiblemente superior al de otras ciencias, de modo que nuestro método recuerda mucho los “experimentos mentales” del arsenal científico de Albert Einstein.

Hoy por hoy, cuando aún permanecemos distantes de profesar una ciencia cuantitativa y nuestros laboratorios principales continúan siendo los paisajes naturales y los afloramientos de las rocas, los geólogos precisamos continuar desarrollando nuestro sentido de observación, percepción peculiar de la naturaleza e instrumentos mentales; cuyo modo de aplicación difiere en más de un aspecto de aquellos propios de otras ciencias.

DONDE SE INCURSIONA EN LAS MEMORIAS DE JOHN WATSON, DOCTOR EN MEDICINA

Son muchas las personas que, si Ud. les describe una serie de hechos, le anunciarán cual va a ser el resultado. Sin embargo, son pocas las personas que, diciéndole Ud. el resultado, son capaces de extraer de lo más hondo de su propia conciencia los pasos que condujeron a ese resultado. A esta facultad me refiero cuando hablo de razonar hacia atrás..... “Estudio en Escarlata”.



Evoquemos algunos pasajes del inolvidable Estudio en Escarlata y consideremos la forma de proceder del magistral detective. Holmes se pasea, de forma aparentemente distraída por los accesos del número 3 de los Jardines de Lauriston, donde se ha cometido el misterioso crimen. En verdad se dedica a observar las huellas impresas en la calle de acceso y en el húmedo sendero que conduce hacia la casa. A continuación penetra en su interior y llega a la estancia donde yace el cadáver de Enoch Drebber, sometiéndolo a un examen minucioso. El inspector Lestrade descubre la inscripción sangrienta impresa por el asesino en la pared sobre la cual ensaya una explicación que provoca la sarcástica reacción de Holmes.

La escena ha sido disfrutada por millones de lectores desde 1886. Holmes, armado de su lupa y su cinta de medir, recorre la habitación palmo a palmo, recoge muestras de las cenizas de tabaco, mide y observa los indicios y las huellas que son imperceptibles para los restantes protagonistas. Al final de su examen, volviéndose hacia Gregson y Lestrade, concluye con una sentencia categórica:

“Aquí se ha cometido un asesinato y el asesino fue un hombre. Ese hombre tenía más de seis pies de estatura, es joven de pies pequeños.....calzaba botas toscas de puntera cuadrada y fumaba un cigarro de Trichinopoly. Llegó....con su víctima en un coche de cuatro ruedas del que tiraba un caballo calzado con tres herraduras viejas y una herradura nueva en su pata derecha delantera. Hay grandes probabilidades de que el asesino fuese un hombre de cara rubicunda y de que tenía notablemente largas las uñas de los dedos de su mano derecha.....”

¿Mixtificación? ¿Recursos literarios sin conexión con la realidad y la práctica? En lo absoluto. Se trata de un proceso mental multilateral perfectamente estructurado en el que se combinan armónicamente las facultades de observación, analogía, deducción y síntesis. También ¿porque no decirlo?, una dosis considerable de arte intuitivo; es decir, ciencia rigurosa. Cuando más tarde Holmes explica a Watson la trama interna de su metodología, lo coloca ante un acabado ejemplo de un proceso deductivo, donde cada razonamiento riguroso se apoya en una observación enlazada estrechamente a otra anterior, mediante una relación causal de estricta antecendencia. La inducción también está presente, por cuanto la operación mental es eminentemente reconstructiva y partiendo de los indicios percibidos, más o menos inconexos, llega a la formulación de la generalización; desde las partes al todo. La estolidez de Gregson no le permite percibir la importancia de la alusión de Holmes al caso de Van Jansen de Utrecht; como una muestra de la aplicación del principio de analogía para cuya práctica el Maestro se encontraba magníficamente preparado por su profundo estudio de la literatura criminalística.

Holmes alecciona a McDonald en la aventura de El Valle del Terror:

“Señor Mc, la cosa más practica que Ud. podría hacer en toda su vida sería encerrarse por espacio de tres meses para leer, durante doce horas al día, los anales del crimen....”

DONDE SE DEDUCEN ALGUNOS PRINCIPIOS DE UTILIDAD PEDAGÓGICA

El anterior vistazo de la obra literaria me conduce a sustentar la evidente similitud, prácticamente identidad, que existe entre el estilo y la estructura del razonamiento detectivesco y el que se practica durante el estudio de los objetos geológicos. Un geólogo frente a unos afloramientos de roca se encuentra con una índole de problema sumamente semejante al de una indagación policíaca en la escena del crimen. Él observa el resultado final de un proceso de compleja naturaleza y de carácter multifactorial. Los procedimientos usuales para aproximarse a la solución requieren la compilación de poblaciones de datos que precisan una valoración multidisciplinaria y la adjudicación a ellos de un determinado peso que los califica o descalifica como parámetros de más o menos importancia en la determinación de la situación dada. Los datos son evaluados finalmente como cadenas causales de antecedente-consecuente, en un esquema todo lo libre de contradicciones que pueda conseguirse y donde ciertos eslabones de la cadena de razonamiento están ocupados por “inferencias lógicas” que; en otras ciencias más cuantitativas, serían sin duda clasificadas de operaciones subjetivas. La intuición, como instrumento del conocimiento, juega aquí un papel fundamental y se aleja considerablemente del conocido apotegma de Lord Kelvin.

Las dificultades peculiares del razonamiento geológico se ponen de manifiesto por el hecho de la participación del factor “tiempo”, que se dilata hasta dimensiones inconmensurables y que exige una difícil acomodación mental y además; que tanto los factores concomitantes como los elementos del proceso geológico carecen de una “motivación”, humanamente entendida, a cuya existencia y conocimiento se deben frecuentemente las soluciones de los análogos acontecimientos antropológicos.

Ahora bien; es en gran medida cierto que, un número crecido de razonadores geológicos no se encuentran educados en el arte de la deducción rigurosa ni en la práctica de la imaginación disciplinada y no pocas veces exteriorizan un cierto desdén hacia tales facultades, privándose así de instrumentos fundamentales de su trabajo. La identidad entre lo que llamo el “método de Sherlock Holmes” y un modelo metodológico deseable en nuestro trabajo sería tan obvia que no valdría la pena enfatizarla si no fuera por las consecuencias indeseables que su ausencia comporta. Estimo con Gilbert (fide Gilluly, 1963) que cada geólogo puede preguntarse cotidianamente si le es posible mejorar sus condiciones naturales o adquiridas de razonador geológico eficaz.

Los conocimientos geológicos propiamente dichos; como son las noticias adquiridas en los textos y manuales y en las conferencias universitarias, por muy abundantes y diversas que puedan ser; no son suficientes por si mismas para garantizar un conocimiento de la verdad. Si los conocimientos específicos no son acompañados por la adquisición de los métodos del pensamiento, afinados y perfeccionados hasta la sutileza por la práctica, ellos se convierten en solo saber libresco, casi siempre estéril o conducente al error o en el apoyo de una ejecutoria profesional mediocre y limitada. Entonces el observador se cierra a sí mismo el único camino que podría conducirlo a la genuina maestría profesional.

La observación y estudio de los objetos geológicos presupone un reto continuo a la mente del investigador. Este reto solo puede ser asumido adecuadamente cuando no se omiten los factores del éxito, que en nuestra ciencia tienen estricta sujeción a la estructura peculiar de nuestros métodos de pensamiento. Lahee (1962) relata una anécdota sobre un geólogo que solía conducir su vehículo durante el trabajo de campo; tan alerta que fue capaz de notar que las ruedas de su vehículo se atascaban de una forma no característica del barro de la localidad. Esto lo condujo a investigar la causa de este incidente, aparentemente trivial, de modo que llegó a descubrir un pequeño afloramiento de unas capas antiguas levantadas por un domo salino con las ulteriores consecuencias para las posibilidades petrolíferas de esa región.

Apunta Lahee que, centenares de geólogos habían transitado por allí sin percatarse de esa situación.

Holmes le declara a Watson en “Estudio en Escarlata”:

*«Ya le tengo dicho que todo aquello que se sale de lo vulgar no resulta un obstáculo sino que es, más bien, una guía. El gran factor, cuando se trata de resolver un problema de esa clase es la capacidad de razonar hacia atrás.....**Por cada persona que sabe analizar hay cincuenta que saben razonar por síntesis...**»*

Los problemas que señalo y que me empeño en destacar, por supuesto no carecen de solución y sería conveniente discutir el como: Hay dos vías que pueden conducir a los geólogos hacia la adquisición de cualidades apropiadas para solucionar problemas geológicos. En primer lugar, se supone que las facultades Universitarias sean capaces de proporcionar, no solo una cierta formación teórica, sino también cierta educación metodológica. En segundo lugar, cabe aceptar que durante la practica profesional, cierta capa de geólogos se ven colocados ante fenómenos geológicos que los inducen a tratar de adquirir conocimientos extrageológicos autodidácticos, con el fin de colocarse en más ventajosa situación para encontrar explicaciones plausibles para los mismos. La segunda vía es la menos empleada, porque la sensibilidad para percibir las propias insuficiencias ya presupone la posesión de ciertas cualidades no comunes.

Quiero sostener el punto de vista de que la enseñanza sistemática de la geología no está, aun, suficientemente perfeccionada como para proporcionar un conocimiento operativo de los métodos y principios del razonamiento geológico, por cuya razón solo una minoría de los egresados llegan a procurarse la preparación necesaria, casi siempre transitando por la segunda vía indicada.

Un comienzo de solución de esta situación puede obtenerse con la introducción de disciplinas propias de las llamadas “humanidades”. Un estudio de la lógica formal, previamente adaptada mediante un enfoque geológico, no estaría en lo absoluto fuera de lugar en el curriculum universitario. A duras penas se puede comprender como le es posible a un geólogo ser plenamente eficaz si no posee un conocimiento aceptable de la definición y aplicación de las figuras más comunes del pensamiento, en una ciencia donde la deducción, la inducción, el razonamiento analógico y el arte del pensamiento analítico juegan un papel simultáneo tan fundamental. Tanto más resulta poco comprensible como podrá razonar en buenas condiciones, careciendo de una educación cuidadosa en la historia de la ciencia geológica, pues como señala Kitts (1963) ..“*la formulación de los enunciados históricos requiere procedimientos deductivos que indudablemente van más allá de una simple descripción..*”.

La Geología, ciencia eminentemente histórica, necesita en su práctica el conocimiento de sus tempranos orígenes y la historia sistematizada; es decir, la llamada “historia de casos” que forma un impresionante archivo de conocimientos ilustrativos de la solución de problemas de la naturaleza más diversa, desde las aparentemente ingenuas elucubraciones de Agrícola sobre el origen de los criaderos metálicos, pasando por la fascinante polémica entre Neptunistas y Plutonistas,

hasta la moderna revolución geodinámica con su extremo refinamiento y elegancia hipotética. Estos y otros innumerables capítulos de la historia de la ciencia, imposibles de citar aquí, contienen, no solo el simple enunciado del escalón de conocimiento que fue alcanzado, sino los detalles de las conquistas intelectuales que posibilitaron su solución, los métodos empleados para conseguirlo, la forma en que las hipótesis fueron verificadas y los modos en que tales hazañas fueron convertidas en ciencia cotidiana y consolidada.

Un esfuerzo pedagógico reformador de esta clase podría conducir al fomento en los principiantes, de las cualidades de imaginación creadora e intuición sistematizada, como instrumentos poderosos del conocimiento geológico. En la actualidad, con frecuencia se incurre en el olvido de que, el pensamiento geológico, además de sus aspectos técnicos reviste un valor filosófico concretamente epistemológico; pues el acto de observación e interpretación de la realidad geológica contribuye continuamente con nueva información al caudal general de la ciencia humana. La geología es, por sí misma, una de las plataformas intelectuales más sólidas en que se apoya la indagación del universo y el posible sentido de la existencia del Hombre. De todas las ciencias, es la Geología la que más estrechamente mantiene unido al Hombre con su cuna natal; su planeta. El Hombre vive inmerso en sus tierras y bosques. Sus paisajes, sus recursos minerales, su atmósfera respirable son su propia vida, la base de su cultura y el destino directo o indirecto de todos sus anhelos.

Por estas razones, la educación geológica debe estar pertrechada de numerosos y variados instrumentos técnicos, pedagógicos y culturales que lograrían mantenernos en el camino del progreso de nuestra ciencia, sirviéndola con honor y devoción.

CONCLUSIÓN

La técnica del pensamiento detectivesco, tal como fue presentada en la obra de Conan Doyle, tiene su fiel reflejo en la técnica del pensamiento geológico empleada durante la indagación y solución de problemas geológicos, sobre todo en los campos de la Geología Estructural, Estratigrafía y otras ramas de la Geología clásica y aplicada.

Las estructuras lógicas y el procedimiento de arribar a conclusiones correctas se basan en ambas sobre los mismos principios. En otras muchas ciencias, el investigador se ve ante los elementos “iniciales” de un proceso, cuyo curso él puede observar y controlar con resultados predecibles o verificables con arreglo a determinadas “leyes” y relaciones cuantitativas conocidas.

Al contrario; tanto un geólogo como un detective se ven enfrentados a un “producto final”; a un resultado. El objetivo del conocimiento entonces consiste en “predecir las causas”, es decir, la postdicción. Como pueden ser varias las causas imaginables y hasta cadenas causales que produzcan un resultado final; mientras que realmente fue solo una causa o una cadena específica de causas las determinantes del fenómeno observado (en verdad, los restos de dicho fenómeno), las soluciones encontradas frecuentemente no son más que soluciones aparentes. Este peligro, siempre latente, exige que el razonador adquiera y posea una preparación especial y habilidades que, a un lado de las cualidades innatas, pueden adquirirse mediante el estudio y la practica reiterada.

Del mismo modo que la inmortal figura literaria, modelo del razonador agudo y riguroso; los geólogos - detectives de la naturaleza- pueden concentrarse, ya sea por propia iniciativa o bajo la guía de maestros competentes, en la adquisición, ejercicio y desarrollo del arte del razonamiento y la deducción.

En el escenario geológico existen muchos problemas abstrusos y complicadas y misteriosas cuestiones que resolver. Allí nos ha tocado actuar y ello constituye la gloria de nuestra profesión. En ella ningún geólogo encontrará que ha perdido su tiempo y esfuerzo si; dentro de su mochila, junto a las cosas necesarias para su austera vida, se hace acompañar por una buena edición de la simpática pareja de Holmes y Watson. Puede derivar mucho provecho y sólida doctrina de su lectura y en el futuro aspirar a poder declarar; como Holmes a Watson:

“Watson, yo creo que puedo llegar hasta ufanarme de que mi vida no ha sido por completo vana.....Si esta noche llegase a su fin la historia de la mía, podría yo contemplarla con ecuanimidad”

AGRADECIMIENTOS

Debo una expresión de gracias, por la gentileza de leer críticamente el manuscrito, a los estimados colegas; Dr. José A. Días Duque del Centro Universitario de Pinar del Río, a quién debo además un estimulante prólogo de la primera edición de 1981, por el me siento sumamente honrado. A la Ing. Idalia Alemán; Dr. Pavel Zimmerhagl y Dr. Martin Kleinwächter de la Expedición Geológica Cubano-Checoslovaca del CAME y, al Ing. Rafael Lavandero Illera, del Instituto de Geología y Paleontología. Sus observaciones me fueron útiles más, las opiniones vertidas aquí son de mi entera responsabilidad.

REFERENCIAS.

- Bradley, W. H., 1963, Leyes Geológicas; en Filosofía de la Geología.1970 .Co. Edit. Continental, S.A. Mexico. pp. 25-38.
- Simpson, G.G., 1963, La Ciencia Histórica; en Filosofía de la Geología.1970. Co. Edit. Continental, S.A.México. Pp.39-69.
- Gilluly, J., 1963, La Filosofía Científica de G. K. Gilbert; en Filosofía de la Geología. 1970. Co.Edit. Continental, S.A. México.pp.275-283.
- Lahee,F.H.,1962,Geología Práctica; Edit.Omega. Barcelona.España.
- Kitts, D. B., 1963, Teoría de la Geología; en Filosofía de la Geología 1970. Co. Edit. Continental, S.A. Mexico. Pp.71-94.
- Conan Doyle, A., 1886, Aventuras de Sherlock Holmes; (Un Estudio en Escarlata; El Valle del Terror, El Problema Final). 1964. Edit. Consejo Nac. de Cultura, La Habana.

Caverna del arte

LOS MAYAS: Una historia del futuro pasado **(Autor: Quantum)**

Cientos de años previo a la llegada de los conquistadores españoles a Mesoamérica, la civilización Maya ya había construido ciudades subterráneas que les permitieron sobrevivir a los fenómenos destructivos de la naturaleza. Cuando los ejércitos españoles iniciaron la conquista de México en los albores del Siglo XVI, fueron derrotados fácilmente por el ejército imperial maya que estaba dotado de tecnología de guerra muy superior a la de ellos. Incluso, miles de españoles fueron hechos prisioneros y llevados a las minas y campos agrícolas a lo largo del territorio maya subterráneo, de donde nunca pudieron escapar, fueron esclavos hasta el final de sus días. Para vigilar a sus enemigos, los científicos mayas inventaron y diseñaron un sistema satelital sofisticado e innovador de alta tecnología, que tiene una órbita muy cercana a la superficie de la tierra. De hecho, estos satélites eran tan sofisticados que hoy en día continúan operando, sin ser detectados por los radares modernos.

Los objetivos de la familia Real maya fueron la expansión del imperio hacia Centro y Sudamérica, por lo que se ordenó que las gigantes excavadoras nucleares iniciaran la construcción de túneles subterráneos a partir del cenote subyacente a la ciudad de Chichen-Itzá, hasta la ciudad de Tikal en Guatemala, para continuar posteriormente a otras ciudades Mayas en Centroamérica. Se creó por primera vez la infraestructura subterránea que uniría a las ciudades mayas, desde México hasta Centroamérica, a través de trenes de alta velocidad que se desplazan a 1,000 km por hora, dentro de tubos cilíndricos construidos de titanio. El desarrollo actual de los túneles subterráneos se lleva a cabo con gran precaución para evitar ser descubiertos. La madrugada del 17 de noviembre de 2013, un sismo con magnitud de 7.8 en escala de Richter sacudió el centro de México. De acuerdo al Instituto Sismológico Nacional, el epicentro del temblor se localizó con gran precisión en la Placa Cocos, en la región del Pacífico de Centroamérica. En realidad, el sismo había sido generado por el sofisticado equipo de perforación, mientras se construía un túnel a través del Bloque Chortis en Guatemala, creando un desplazamiento cortical de intensa magnitud, asociado a las fallas de desplazamiento lateral Motagua-Polochic. En el Instituto de Sismología de la UNAM nunca sabrían que el sismo no tenía relación alguna con el movimiento de las placas tectónicas, sino con una gran obra de ingeniería subterránea que estaba siendo desarrollada por los equipos técnicos mayas.

Para resolver el problema de la falta de oxígeno en las ciudades subterráneas, los científicos mayas inventaron una máquina gigante, con capacidad de disociar la molécula de agua y producir hidrógeno y oxígeno como elementos independientes. El hidrógeno era utilizado para la propulsión de cohetes espaciales y como refrigerante en reactores nucleares, mientras que el oxígeno se esparcía por medio de conductos distribuidos a lo largo de la infraestructura urbana. Este ingenioso y avanzado conocimiento científico de los mayas, les ha permitido desarrollarse y sobrevivir por miles de años.

Afortunadamente, el agua potable nunca ha sido un problema para la sobrevivencia del Imperio Maya, porque la acumulación de agua dentro del sistema de aguas subterráneas y cenotes es la más extensa en el mundo, excediendo los 300 millones de barriles de agua dulce, mismos que se utilizan para la agricultura y ganadería. Esta misma agua subterránea ha sido aprovechada para alimentar las turbinas centrifugas que mueven el agua desde Chichen-Itzá en México hasta las demás ciudades mayas en Centroamérica.

La energía solar, aprovechada al máximo, se obtiene por medio de paneles solares instalados en las pirámides más altas, las cuales tienen conexión inalámbrica con acumuladores enormes instalados en la base de las pirámides, con capacidad de proveer energía eléctrica a todo el imperio maya. La clave es el sistema de alta resolución de información geográfica que permite el lanzamiento de rayos solares desde los satélites a los paneles en tierra.

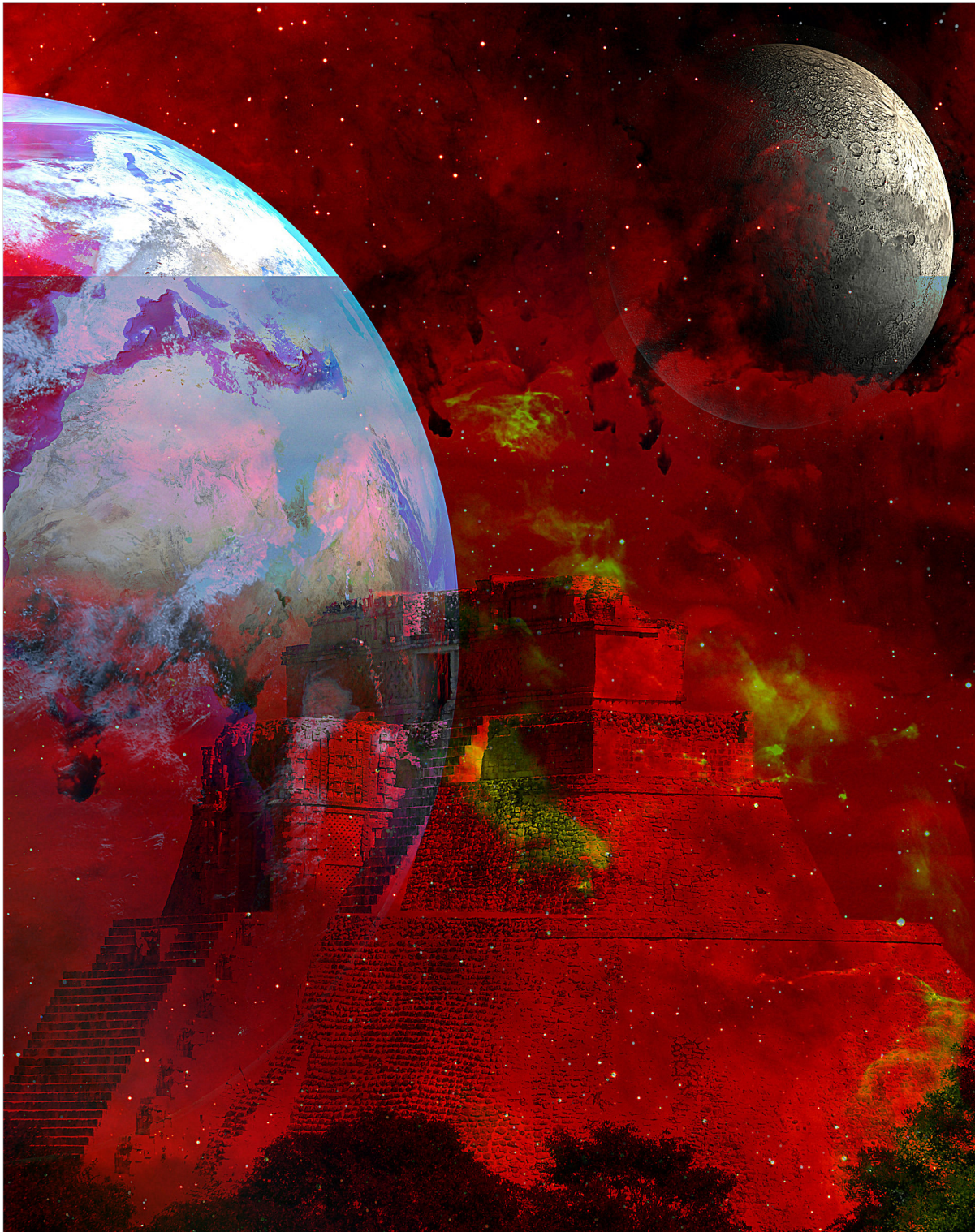
Los mayas son prácticamente inmortales gracias a sus conocimientos avanzados en genética y clonación de seres humanos. Han utilizado este procedimiento innovador para hacer clonaciones múltiples de científicos, inventores, y visionarios del futuro. Además, apoyados por tecnología robótica, sus fábricas producen exitosamente cualquier parte del cuerpo humano, ya sea el cerebro, órganos, arterias, músculos, y huesos. Para los trabajos pesados en las minas y la construcción de túneles, los mayas continúan clonando a los miles de prisioneros españoles.

Los centros de investigación científica y tecnológica avanzada, están vinculados a las universidades y funcionan integralmente. En estos centros se desarrollan y forman los científicos más prestigiados del país, y es allí mismo donde se construye la infraestructura tecnológica digital y espacial, base del desarrollo tecnológico del país maya. Computadoras y equipos de información geográfica y meteorológica, están interconectados a través de una red satelital de alta resolución que orbita la tierra. La educación y la ciencia son prioritarias para el desarrollo y sobrevivencia del país subterráneo, por lo que el 65% del presupuesto gubernamental se invierte en universidades y centros de investigación de tecnología aplicada.

Los mayas son solidarios con el resto de tribus indígenas que pueblan el continente Americano. De hecho, en el año 1440, los Incas, quienes habitaban la costa Pacífico del Perú, se comunicaron con ellos para pedirles su apoyo en la construcción de una nueva ciudad en las partes más altas de la Cordillera Andina, y evitar así, los continuos ataques de las tribus enemigas. El Monarca Maya aprobó la solicitud de inmediato y se reunió de emergencia con el consejo técnico de su gobierno para responder a la petición de fundar una ciudad nueva en lo más alto de los Andes peruanos. Con este plan en mente, los geólogos mayas decidieron que sería más práctico y de menor costo construir el túnel desde Panamá a través de la Placa Nazca y a lo largo de Perú para llegar a la región del Cuzco. Las brigadas elite de avance y supervisión de la obra de perforación, fueron los ingenieros mineros, pero eran los geólogos quienes decidían la ruta y la profundidad de los túneles, ya que tenían un amplio conocimiento sobre la tectónica de placas, y la estructura y composición de la corteza terrestre. Cuando en 1448 la broca gigante de la maquinaria de perforación emergió a la superficie en la región del Cuzco, la parte más alta de la Cordillera Andina de Perú, los geólogos se quedaron maravillados con la espectacular geología y la belleza de la región, y decidieron que en ese lugar se construiría la ciudad para los Incas.

Una vez seleccionada el área precisa donde se construiría la emblemática ciudad, los geólogos se comunicaron por videoconferencia con el gobierno central Maya en Chichen-Itzá, para informar sobre el descubrimiento del área encontrada. El Rey Maya decidió que la ciudad se llamaría Machu Pichu, que significa Montaña Vieja, y envió mil

obreros y técnicos para que iniciaran la construcción de la misma. Los mayas terminaron la construcción de Machu Picchu en 1450, cuarenta y dos años antes del descubrimiento de América por Cristóbal Colón. Ese mismo año, las tribus Incas de las regiones bajas del Perú fueron informadas de la culminación de la gran obra e invitados a habitar la ciudad, cuna de la cultura Inca. La gran solidaridad entre las dos culturas indígenas está representada por convenios comerciales y tecnológicos. De hecho, los trenes modernos de alta velocidad continúan transportando miles de turistas entre las ciudades de Chichen-Itzá y Machu Picchu.





Piedra de Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA