

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 (Χρὸνος); 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 oscuridad 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 (Χρὸνος, 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. Ésta 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 espatium 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 toral 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

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 Guitton, como la *Fenomenología del Espíritu* (*Phänomenologie des Geistes*), *Ser y Tiempo* (*Sein und Zeit*), *El Ser y la Nada* (*L'être et le Néant*), 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

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.

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. Initialement 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.

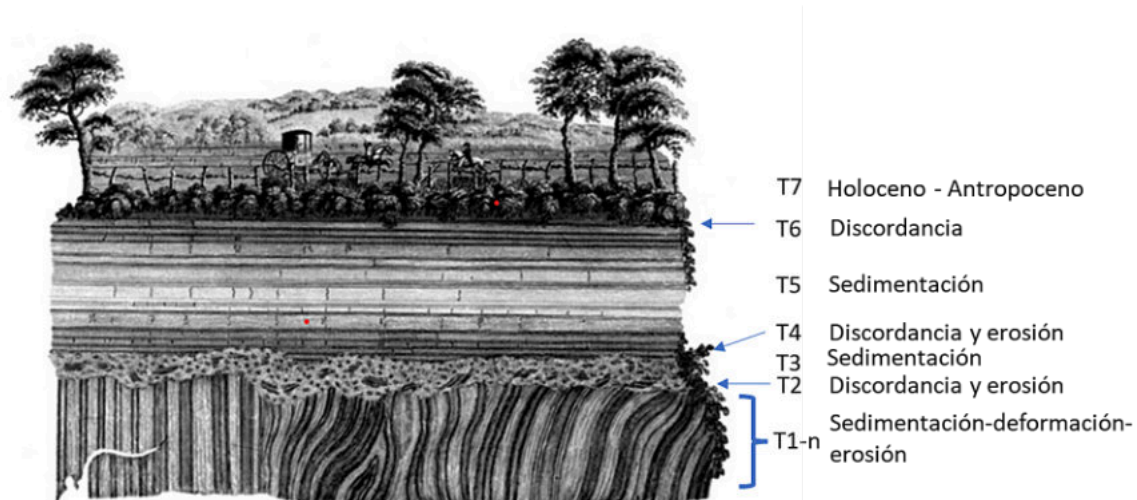


Figura 1.- Famoso grabado elaborado por John Clerk de Eldin, de la discordancia de Jedburgh, Escocia. (Cortesía de sir John Clerk de Penicuik, para la *Theory of the Earth* de Hutton. The Lost Drawings, scottish Academic Press

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 incommensurable 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.

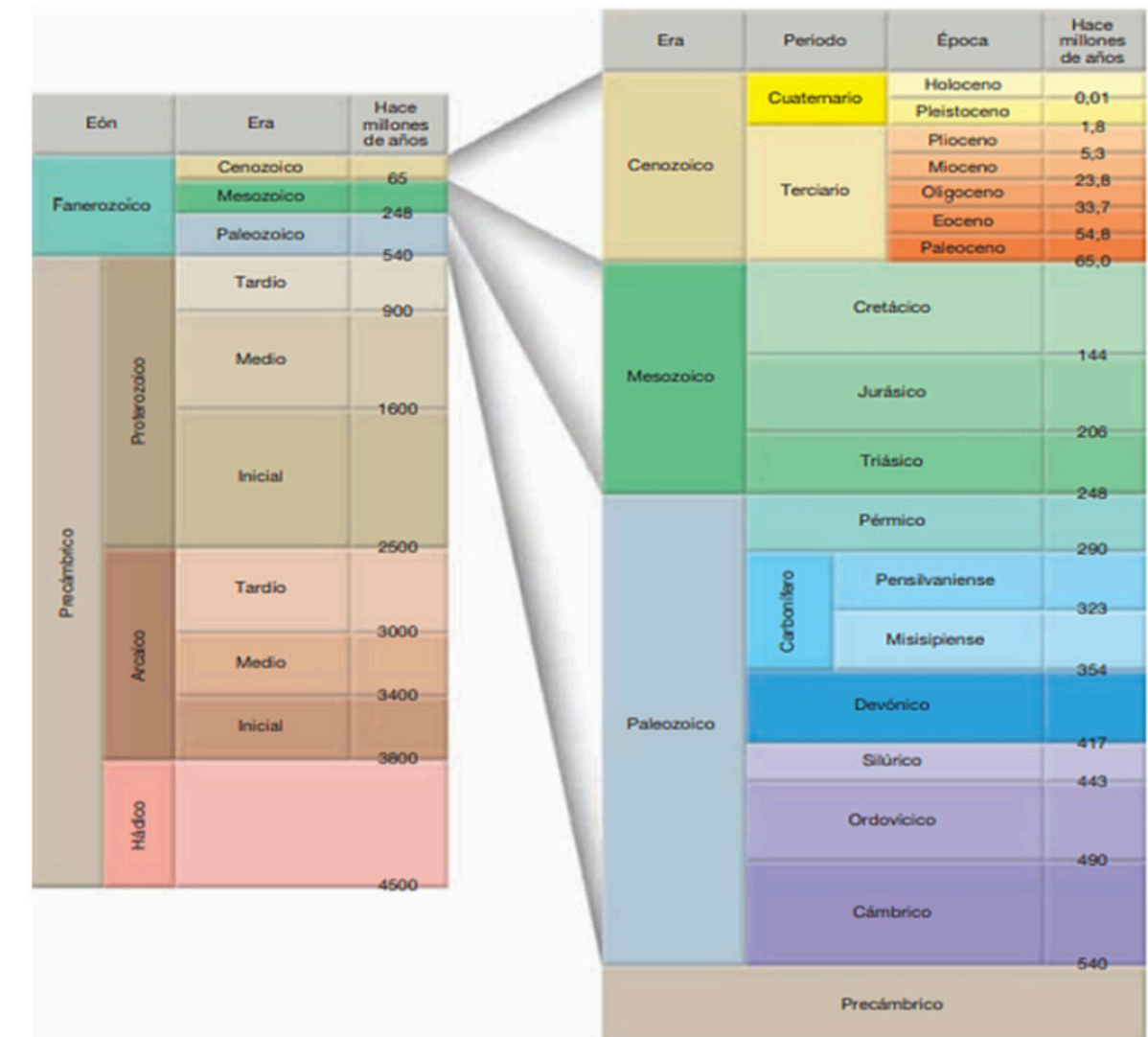


Tabla 1.- Escala del tiempo geológico. Los eones, eras y periodos son los tiempos relativos, establecidos según la datación relativa de unidades roca; las cifras son edades obtenidas por datación de elementos radiactivos. Fuente: *Ciencias de la Tierra*, por Tarbuck, E. J. y F. K. Lutgens, 2005, Ed.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

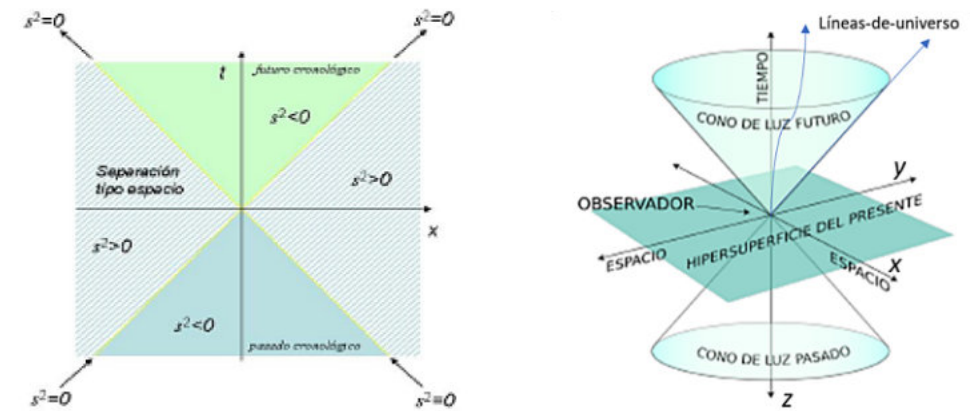


Figura 2. - Espacio bidimensional y tetradimensional de Minkowski (2 dimensiones en el primero (espacio en x e y tiempo), y 3 dimensiones espaciales y una temporal, en la segunda figura), in Ortiz, 2016.

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

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 “coordenada” 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

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.

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 εἰμὶ*, (*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.

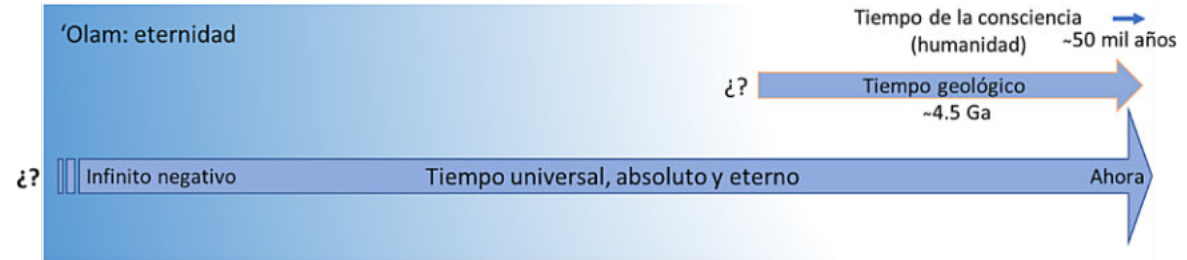


Figura 3.- Comparación “escalar” temporal del tiempo. El tiempo geológico sólo es una parte ínfima del tiempo universal; el tiempo humano es casi nada.

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

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 conciencia 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 Comte-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 Guittou, 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*.

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

⁴⁰ Ortiz G. J., *Ibidem*, pp. 237.

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.

Salvador Ortuño Arzate, Semblanza sucinta



Actualmente es Comisionado de la Comisión Nacional de Hidrocarburos de México.

Profesor titular en la Escuela Militar de Ingenieros de la Rectoría del Ejército y la Fuerza Aérea; y en la Facultad de Ingeniería de la UNAM; en asignaturas de Ciencias de la Tierra; Consultor independiente en temas de Geología y exploración petrolera.

Ha sido investigador en el Instituto Mexicano del Petróleo por más de veinticinco años; y en el *Institut Français du Pétrole*, desempeñándose como investigador huésped (*Visiteur scientifique*), para el desarrollo de proyectos de investigación y uso de nuevas tecnologías de modelado geológico, caracterización de sistemas petroleros, métodos de exploración petrolera, yacimientos naturalmente fracturados y teledetección aeroespacial aplicada a la exploración de recursos petroleros.

Asimismo, ha publicado libros y artículos técnicos, v. gr. *"El Mundo del Petróleo"*. FCE, 2009; *"La seguridad energética como elemento de la seguridad nacional"*, *"Perspectivas petroleras de México"*; *"¿Cuándo se agotará el petróleo?"*; *"Campos maduros, retos difíciles"*; y *"Chicontepec: dislate técnico y político"*.

Ejerce la pintura al óleo, como reflejo de la maravilla estética de la naturaleza y la Geología del planeta.

<https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Salvador-Ortuno-Arzate-74472572>

Foro de discusión Discussion Forum

A sugerencia de uno de nuestros lectores, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.

Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.

Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geosciencias.