

Sobre el pensamiento científico de Albert Einstein

EDVCATIO PHYSICORVM



María Guadalupe Hernandez Santiago¹, Verónica L. Villegas Rueda²,
Rafael Zamorano Ulloa³

¹Departamento de Matemáticas, Facultad de Estudios Superiores FES Cuautitlán, UNAM, Estado de México, C.P. 54714.

²Departamento de Ciencias Básicas, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Tecnologías Avanzadas, Intituto Politécnico Nacional, Cd. De México, C.P. 07738.

³Departamento de Física, Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional, Cd. de México, C.P. 07738.

E-mail: mghs_1@hotmail.com

(Recibido el 25 de abril de 2019, aceptado el 24 de mayo de 2019)

Resumen

Las teorías de Albert Einstein (AE) atraen la atención y curiosidad del público en general, niños, estudiantes, profesores y científicos. Hoy podemos indagar en sus escritos y cartas el pensamiento científico de A. Einstein. En 1952 en una carta a su amigo M. Solovine, vuelve a explicar en base a un diagrama sencillo y substancioso, su *credo epistemológico*. Este trabajo está centrado en la descripción del pensamiento científico de Albert Einstein. Su diagrama incluye: Axiomas (A), Proposiciones (S) y la Experiencia sensorial (E). Proporcionamos dos ejemplos donde aplica el esquema: la teoría electromagnética de Maxwell y su propia teoría de la Relatividad Especial. También lo aplicamos a la Teoría de Oparin sobre el origen de la vida. Aquí el diagrama queda incompleto, lo cual es consistente con el hecho de que al día de hoy no existe una teoría convincente del origen de la vida. Dicho esquema es de gran importancia para informar a estudiantes, profesores y científicos de como Einstein visualizaba una teoría axiomática o de primeros principios.

Palabras clave: Pensamiento científico, credo epistemológico, Albert Einstein, Axiomas, Proposiciones, Experiencia Sensorial.

Abstract

Albert Einstein (AE) theories attract the attention and curiosity of the general public, children, students, teachers and scientists. Today, we can inquire into his writings and letters about his scientific thinking. In 1952, in a letter to his friend M. Solovine, explains again, based on a simple, yet substantial diagram, his “epistemology creed”. This work focus on the description of AE scientific thought. His diagram includes: Axioms (A); Propositions (S); and Sensorial Experience (E). We give two examples in which the diagram applies: Maxwell electromagnetic theory and his own Special Relativity theory. We also apply it to Oparin’s theory of the origin of life. In this case the diagram remains incomplete, which is consistent with the fact that nowadays there is not a convincing theory of the origin of life. This, AE, epistemology creed has a great importance to inform students, teachers and scientists of how AE visualized an axiomatic, or a first principles, theory.

Keywords: Scientific thought, epistemological creed, Albert Einstein, Axioms, Propositions, Sensorial Experience

PACS: 1.30.-y, 01.40.Fk, 01.40.Ha.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La vida y las teorías de Albert Einstein (AE) atraen la atención y curiosidad del público en general, niños, estudiantes de ciencias e ingenierías, profesores y científicos, debido a sus extraordinarias obras de 1905, del año milagroso (Annus Mirabilis). Niños de distintas partes del mundo y de generaciones posteriores a 1905 buscaban entender el pensamiento en distintos temas de este científico innovador, por medio del intercambio de cartas con AE. Hoy podemos indagar en sus escritos y cartas el pensamiento científico de A. Einstein y contestar a preguntas como,

¿Cómo era la forma de pensar de Albert Einstein?, ¿Qué ideas surgieron en su mente que dieron origen a su teoría de la relatividad?, ¿Cómo es que Einstein llegó a cristalizar sus dos postulados de la relatividad especial?, ¿Existe una fórmula que seguir para imitar el pensamiento de este extraordinario hombre de ciencia?

Muchos Biógrafos y Filósofos han estudiado y analizado el pensamiento científico de Einstein. Él mismo no perdió oportunidad para describir sus propias ideas sobre cómo hacia ciencia. En 1952 le envía una carta a su amigo Maurice Solovine. Su gran amigo desde los años 1902 (aproximadamente) junto con Habich.

A. Un poco de historia

Por sugerencia de su ex compañero estudiante Marcel Grossman (1878-1936), Einstein solicita un puesto en la oficina de patentes de Berna (Suiza) en diciembre de 1901. Pero para ganarse la vida hasta un posible comienzo de su trabajo, él colocó el siguiente anuncio en el periódico de la ciudad de Berna (*Anzeiger der Stadt Bern*) en la columna de varios:

Lecciones privadas en *matemáticas y física* para estudiantes y alumnos dadas por *Albert Einstein*, con diploma de profesor de asignatura del politécnico suizo, Gerechtigkeitsgasse 32, 1er piso, clase de prueba gratis [1, 2].

El Rumano Maurice Solovine (1875-1958), un joven estudiante de filosofía respondió al aviso publicado en el periódico por Einstein, aunque a fin de cuentas ni las tutorías ni el pago se materializó [1, 3]. Solovine explica a Einstein que estaba defraudado de las abstracciones de la filosofía y que quería estudiar más a fondo una materia más sólida como la física [1, 4]. Los dos empezaron a reunirse regularmente para discutir su compartido interés en física y filosofía [1, 2]. Un día Einstein le dijo a Solovine: “no es necesario que te de clases de física, la discusión sobre los problemas en física hoy en día es mucho más interesante; simplemente ven a mí cuando lo desees, me encantaría poder hablar contigo” [1, 3].

Solo vine regreso con Einstein, ambos leían grandes autores y discutían. Pocas semanas más tarde Conrad Habicht (1876-1958) regreso a Berna y tomó parte de las lecturas y debates [1, 3]. En 1902 se nombraron a sí mismos la “*Akademie Olympia*” (Academia Olimpia) [1, 2, 3, 4, 5], figura 1. Einstein y sus amigos se veían para hablar de filosofía y de física y, de vez en cuando de literatura o de cualquier otro tema que se les ocurriera, con pasión y muchas veces tumultuosamente [1, 4].

Einstein era quien presidía las reuniones en su apartamento, comenzaba con una cena frugal y solían pasar a discutir hasta altas horas de la noche, provocando las protestas de los vecinos [4]. Habicht dejó Berna en 1904 y Solovine al año siguiente. Habicht ejerció como maestro en su ciudad natal, Schaffhausen, y Solovine se trasladó a París, donde trabajó como editor y escritor. Este último tradujo varias de las obras de Einstein al francés [1, 4].

En este punto Einstein elabora: la distinción entre impresiones sensoriales o experiencia por un lado e ideas o conceptos por el otro es una distinción necesaria, independientemente de hacer uso de uno de estos [6].

La quintaesencia es la problemática conexión externa entre el mundo de las ideas y la experiencia.

Einstein afirmó que comparar las predicciones de una teoría con el experimento es uno de los dos criterios de acuerdo con el cual se puede “criticar las teorías físicas” [6]. El primer criterio es el de la “confirmación externa”, ya que al menudo se puede hacer una conexión *ad hoc*, de suposiciones adicionales artificiales [6].



Figura 1. Academia Olimpia, en la foto de izquierda a derecha, Conrad Habicht, Maurice Solovine y Albert Einstein.

El breve lapso de existencia de la Academia Olimpia tuvo un efecto duradero en los tres amigos, que permanecieron en contacto, por más de cuatro décadas, a través de cartas [1, 3, 4].

B. Muchos años después

En 1952 M. Solovine le envía una carta a su amigo Einstein en la cual le hace referencia acerca de algunos comentarios que Einstein expresó en una conferencia y que lo confundieron. En mayo de 1952, Albert en respuesta a su amigo le contestó con otra carta para aclararle las dudas que tenía éste sobre la forma de pensar de Einstein. En este trabajo nos hemos enfocado, en el credo epistemológico de Einstein, pues, es poco conocido por la comunidad científica; y en nuestra opinión es de vital importancia, así mismo pretendemos, ser portavoces de este credo basándonos, exclusivamente en la explicación que Einstein le dio a su amigo por medio del diagrama original que acompaña la carta, figura 2. Este diagrama lo considera Albert Einstein claro, sencillo e ilustrativo.

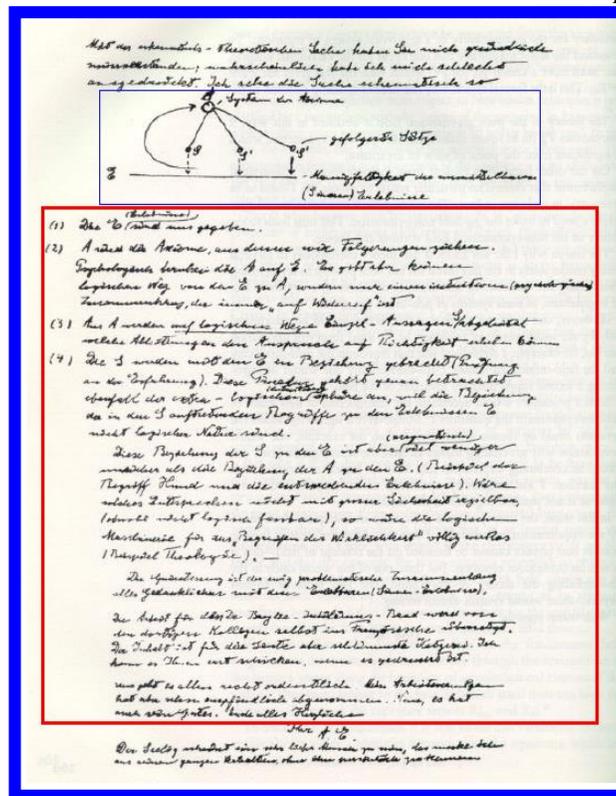


Figura 2. Carta original (alemán) de Einstein a Solovine [4].

II. DIAGRAMA EPISTEMOLÓGICO DE ALBERT EINSTEIN (AE)

A. Contestación de Einstein a Solovine 7 de mayo de 1952

“Con respecto a la pregunta epistemológica, me has entendido radicalmente mal; yo probablemente me expresé equivocadamente. Veo el asunto esquemáticamente así” [5, 6], figura 3:

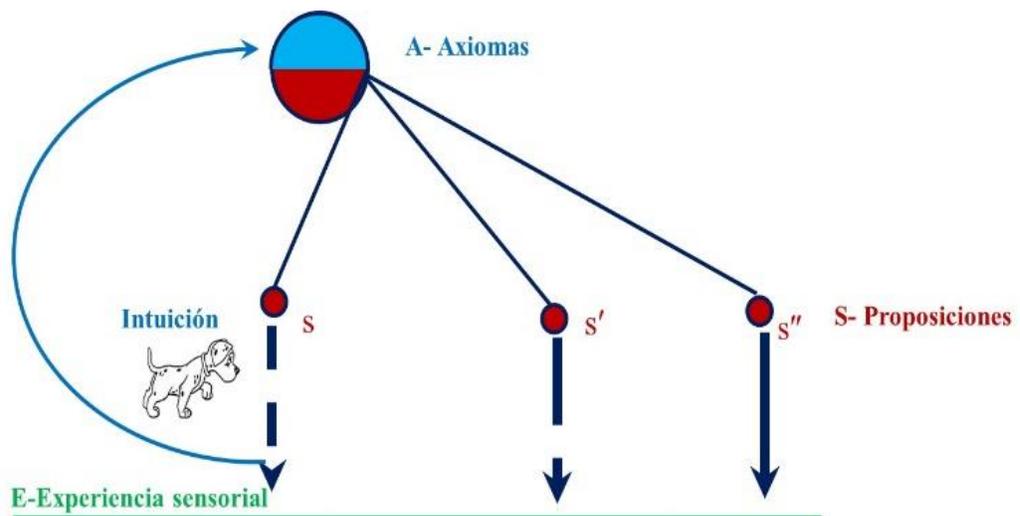


Figura 3. Esquema epistemológico de Albert Einstein.

- (1) Las E (experiencias directas, experimentos) son dadas a nosotros (representado por la línea horizontal – color verde- en la figura 3), [5, 6].
- (2) A son los axiomas, de los cuales obtenemos las consecuencias (esferas en la parte superior – dos colores azul y guinda- en la figura 3). Los axiomas, A, están sobre las experiencias, E. Sin embargo, no hay camino lógico de E a A, únicamente una conexión intuitiva (psicológica), la cual es siempre “sujeta a revocación” (negación) [6].

Einstein afirmaba persistentemente que los axiomas; los conceptos y leyes fundamentales son “invenciones libres del intelecto humano” [6, 7]. No hay un camino lógico a esas leyes: solo la intuición, fundamentada en una comprensión de la experiencia, puede llevarnos a ellas [8].

- (3) A partir de A, por una ruta lógica, son deducidas las proposiciones particulares S (esferas en guinda, figura 3), cuyas deducciones deben ser exactas [5, 6].

Como él dice en las Lecturas de Spencer; “la estructura del sistema es trabajo del razonamiento” [6].

- (4) Las proposiciones S se comprueban (están relacionadas) en la E (prueba experimental). Esta prueba, es exacta, también pertenece a la esfera extra- lógica (intuitiva), debido a las relaciones entre los conceptos que aparecen en S y las experiencias E no son de naturaleza lógica [5, 6].

Enseguida daremos tres ejemplos de la aplicación del diagrama epistemológico de AE a teorías de las ciencias física y biología.

B. Esquema epistemológico de AE en la teoría de Maxwell

Una de las teorías que marco un cambio contundente en la

comprensión de la naturaleza de la luz y sus aplicaciones, la teoría electromagnética de Maxwell. Como primer ejemplo de la aplicación del sistema epistemológico de Albert Einstein, tomamos la construcción deductiva de la teoría electrodinámica de Maxwell. Históricamente las leyes de: Gauss, la circuital de Ampere y la de inducción de Faraday eran conocidas previo a la teoría de Maxwell, sin embargo, no se terminaba de comprender en la época de Maxwell la relación existente a escala microscópica de las fuerzas eléctrica y magnética, fue James Clerk Maxwell quien relaciono estos dos campos eléctrico y magnético con la velocidad de la luz, demostrando que la luz es una onda electromagnética. Por otro lado, el termino de corriente de desplazamiento, $\partial \mathbf{D} / \partial t$ [9,10], en la Ley de Ampere, expresa matemáticamente como la electricidad y el magnetismo pueden ser estudiados como un mismo fenómeno físico, electromagnetismo. Dado que, la corriente de desplazamiento eléctrico, \mathbf{D} , es una cantidad que varía en el tiempo [9,10], en la Ley de Ampere, expresa matemáticamente como la electricidad y el magnetismo pueden ser estudiados como un mismo fenómeno físico, electromagnetismo. Dado que Maxwell afirmo con ello que cualquier flujo de carga debe venir de alguna fuente, ley fundamental de la conservación de la carga [11].

El esquema epistemológico de AE aplicado a esta teoría, se ve como en la siguiente figura 4. Se observan los axiomas o principios, que son las ecuaciones de Maxwell en el globo rojo, en esta teoría se deducen varias proposiciones como las llama Albert Einstein en su diagrama, todas las ecuaciones de la teoría electromagnética; las proposiciones electromagnéticas son comprobadas en el mundo experimental a través de diversas aplicaciones que van desde los capacitores hasta la radiación de fondo de microondas en el universo; la chispa de genialidad que AE dice no es tan evidente, que conecta la experiencia con los axiomas, en este caso, es la corriente de desplazamiento, $\partial \mathbf{D} / \partial t$.



Figura 4. Diagrama epistemológico aplicado a la teoría electrodinámica de Maxwell.

C. Esquema epistemológico de AE en la teoría de Especial de la Relatividad

A finales del siglo XIX las ideas que mantenían la mayoría de los físicos presentaban fuertes matices de la mecánica clásica, por lo que, el estudio de los fenómenos electromagnéticos a escala cuántica presentaba discrepancias entre la teoría electromagnética y la física cuántica. Una de estas discrepancias estaba relacionada con la naturaleza de la luz y la definición de movimiento [12], no es posible distinguir entre un sistema en reposo relativo y otros con movimiento rectilíneo uniforme [13].

Lo que Newton establecía en su primera ley del movimiento, que “un objeto se mueve con velocidad constante a menos que actúe sobre él una fuerza externa”, era válido, para el caso particular de la luz, la luz permanece en movimiento uniforme a menos que actué sobre ella alguna fuerza externa, además de que el sistema de referencia a partir del cual se movía la luz tenía que estar en reposo o movimiento uniforme (sistema de referencia absoluto); esta idea parecía válida si se introduce el “éter luminífero”, debido a esto, por varios años los físicos trataban de comprobar la existencia del éter.

Albert Einstein en su artículo “sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento” [14] de 1905 trata esta cuestión, la inexistencia del éter y del movimiento absoluto. En sus propias palabras, AE afirma: los fenómenos de la electrodinámica, así como la mecánica, no poseen propiedades correspondientes a la idea del reposo absoluto [14]. AE sugiere que las leyes de la electrodinámica y la óptica son válidas para todos los marcos de referencia para los cuales las ecuaciones son válidas [13]

Como segundo ejemplo de la aplicación del sistema epistemológico de AE tomaremos la teoría de la relatividad de AE. No hay que perder de vista que esta teoría fue publicada en 1905 y que la respuesta a su amigo Solovine fue en 1952, 47 años después de su publicación con este ejemplo se observa como el pensamiento de este científico ha sido consistente durante su vida académica, con su diagrama epistemológico.

La parte axiomática de la teoría de la relatividad especial de AE tiene a los dos postulados, el principio de relatividad y la invariabilidad de la luz, c , figura 5. Las proposiciones, S , son todas las ecuaciones de relatividad y la experiencia, E , son las aplicaciones como la paradoja de los gemelos o la creación de la bomba atómica.

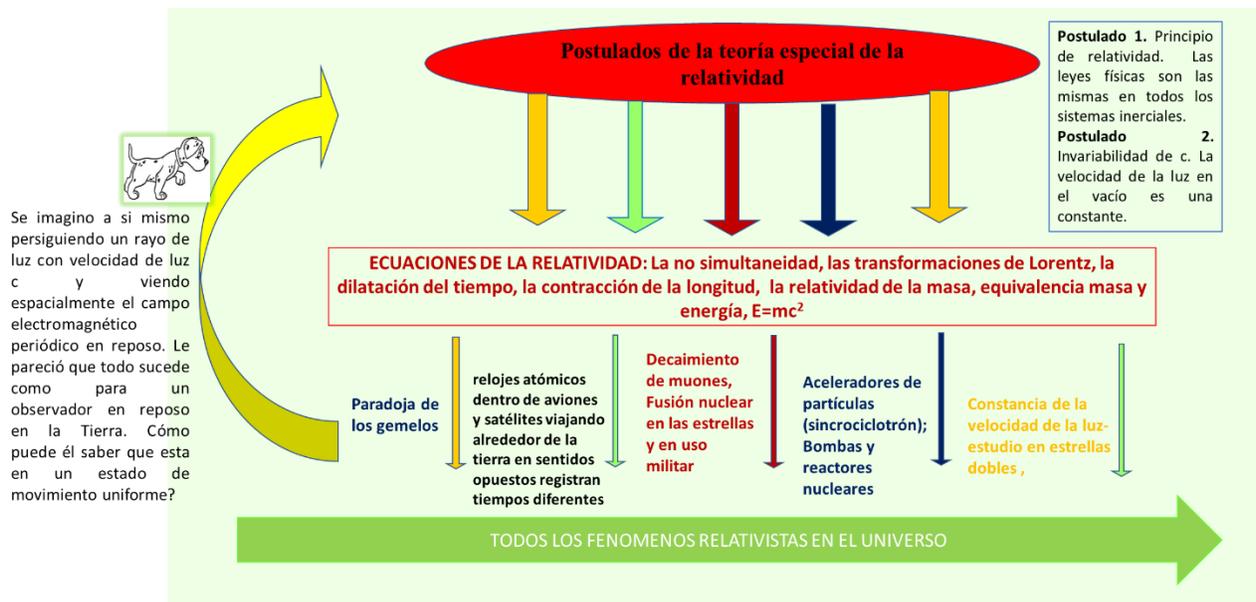


Figura 5. Diagrama epistemológico aplicado a la teoría de la Relatividad Especial.

Obsérvese que en los ejemplos uno (teoría de Maxwell) y dos (teoría relatividad especial), se observa en el diagrama epistemológico del lado izquierdo un perro, éste hace referencia a lo que AE llamada “creación libre del espíritu” (hipótesis) [15], esta creación libre del espíritu permite relacionar los resultados específicos y parciales de la experiencia con los axiomas, relación no tan evidente con la experiencia sensorial, pero, que es base de toda teoría [15] completa en cualquier área de las ciencias.

D. Esquema epistemológico de AE en la teoría de Oparin sobre el origen de la vida

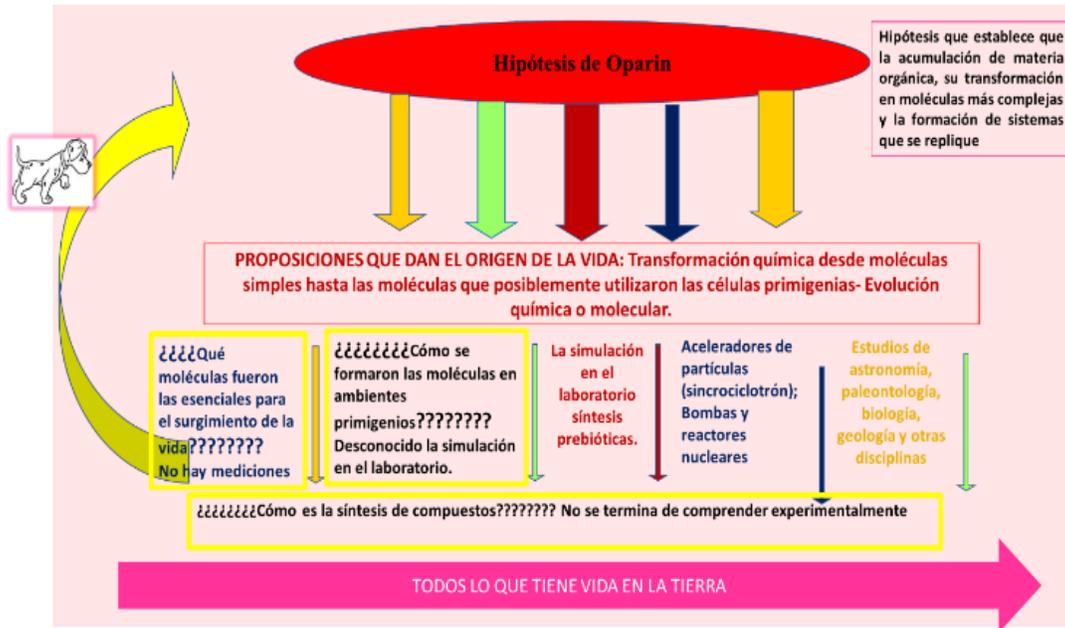
Como tercer ejemplo, aplicaremos el diagrama epistemológico de AE a la teoría del origen de la vida en la Tierra, hipótesis de Alexander I. Oparin y los coacervados. En 1922, el bioquímico soviético Alexander Ivánovich Oparin publicó una pequeña obra titulada “el origen de la vida” y en 1924 propuso una hipótesis que establece que la acumulación de materia orgánica, su transformación en moléculas más complejas y la formación de sistemas que se repliquen son factores que condujeron a la aparición de

seres vivos en la Tierra [16]. De esta forma, los seres vivos son el resultado de una evolución continua de la materia. Este proceso transita por una etapa pre-biológica que consiste en una transformación química desde moléculas simples inorgánicas hasta moléculas que posiblemente utilizaron las células primigenias [16]. Este proceso recibe el nombre de evolución química o molecular y pretende descubrir los fenómenos físicos y químicos que influyeron en la formación y organización de compuestos orgánicos e inorgánicos primitivos y que sirvieron como base al surgimiento de seres vivos [16].

En la figura 6, la parte axiomática es la hipótesis de Oparin. Las proposiciones, S, es la llamada la evolución

química o molecular, la experiencia, E, es todo lo que tiene vida. Para este ejemplo se observa que no existe una relación uno a uno entre la proposición y lo que tiene vida, debido a que existen muchas hipótesis que no han sido comprobadas, por ejemplo, no existen evidencia de que produjo la vida en las moléculas, si fue el ADN, las proteínas o el ARN, ¿Cómo se formaron las moléculas? ¿Cómo es la síntesis de los compuestos? ¿Cómo es la síntesis de las macromoléculas?.

Debido a esta falta de conexión entre proposiciones y experiencia sólo se tiene una hipótesis. Por otro lado dado esa inconclusión no existe una conexión entre la experiencia y los axiomas, la teoría del origen de la vida de Oparin, es una teoría incompleta, como todas las teorías de la vida.



Contar con un diagrama, o credo epistemológico de uno de los mejores científicos de nuestra civilización es sumamente enriquecedor. A. Einstein nos muestra la claridad y simplicidad de su pensamiento científico. Como se mostró en los tres ejemplos para conocer la robustez (completa) de una teoría se tienen que identificar los axiomas, A, las proposiciones, S, las experiencias, E, y la relación existente uno a uno de todos estos elementos.

III. LA SIGNIFICANCIA DEL CREDO EPISTEMOLÓGICO

El credo epistemológico de AE es un instrumento eficaz para los estudiantes, profesores e investigadores de ciencias: física, matemáticas, química, biología, y está bajo discusión si será aplicable a las ciencias sociales.

El diagrama de Albert Einstein permite identificar si se tiene una teoría completa, a través del análisis de tres bloques principales: axiomas, suposiciones y experiencia. La identificación concreta de estos elementos en una teoría,

hipótesis o conjetura científica deja evidencia clara y específica de donde se tienen conexiones o donde no se tienen conexiones entre los axiomas, suposiciones y experiencia. Como sucede en el ejemplo de la hipótesis de Oparin, todas las suposiciones (la transformación de las moléculas simples a complejas da origen a la vida) sobre el origen de la vida no han sido comprobadas experimentalmente, provocando muchas dudas como, ¿qué produjo la vida en las moléculas?, ¿fue el ADN, las proteínas o el ARN, etc. y poniendo en tela de juicio la teoría de Oparin debido a una injustificación experimental.

El credo epistemológico de AE nos ayuda a identificar las contribuciones de los investigadores en las diversas áreas de la ciencia, puntualmente nos ayuda a identificar si la investigación es teórica (axiomas), deductiva (suposiciones) o comprobación experimental (experiencia).

La investigación teórica, se realiza en el análisis de los axiomas o suposiciones (ecuaciones) en el diagrama de AE, si una teoría está completa la comprensión de estos se transmite con ejemplos teóricos/ prácticos que no dan cavidad a dudar sobre la aplicación teórica. En el caso de una teoría incompleta aplicado el diagrama de AE, permite tener

una clara visión de donde no se ha completado, en los axiomas o suposiciones, en el caso de las teorías de relatividad especial, los investigadores en el área teórica trabajan con los postulados (principio de relatividad e invarianza de c) y las ecuaciones deducidas como: la no simultaneidad, las transformaciones de Lorentz, la dilatación del tiempo, etc. Albert E. mismo lo decía, el principio creativo de una teoría se encuentra en las matemáticas [7], en la creación de axiomas o suposiciones que generalizan lo observado. Si una teoría está completa, ¿Por qué continuar con la investigación teórica en otros contextos?, ¿Por qué una contribución teórica continúa siendo importante en una teoría completa?, la respuesta a estas preguntas le da relevancia y significancia al trabajo del investigador teórico en teorías completas; en el caso de una teoría incompleta el diagrama de AE indica puntualmente su aportación.

El credo epistemológico de AE nos deja claro que la experiencia sensorial es insuficiente para describir la realidad, que debemos hacer uso de otros elementos experimentales (laboratorios) para tener experiencia, razonar lo observado y escribir en lenguaje matemático axiomas y principios fundamentales (fuertemente inducido por la intuición individual) para entender coherentemente y consistentemente las fenomenologías observadas. La experiencia es el único criterio que tiene la física para determinar la utilidad de una construcción matemática [7].

El quehacer experimental en la investigación permite comprobar las teorías terminadas en contextos nuevos (investigación experimental) en la biología, física, química, etc. Permitan el entendimiento más profundo de la teoría. En el caso de una teoría terminada no comprobada el investigador debe ser capaz a través de su entendimiento a proponer experimentos que permitan comprobar o refutar una teoría, por ejemplo, el experimento de Michelson-Morley con la existencia de éter para el paso de ondas electromagnéticas, él tuvo que demostrar que no existía el éter. La teoría electromagnética es una teoría completa, sin embargo, a la fecha se siguen realizando nuevos experimentos en sistemas nanométricos. El diagrama de AE ayuda al investigador a darle relevancia y significancia a su investigación, le permite construir lo desconocido o afirmar lo conocido de una teoría.

IV. CONCLUSIONES

El credo o diagrama epistemológico de Albert Einstein permite poner a prueba la validez y consistencia interna de una teoría científica, a través de tres elementos: axiomas, A, proposiciones, S, y experiencias, E. El diagrama aplicado a la teoría de Maxwell y a la Relatividad Especial muestran como los tres elementos, A, S y E están experimentalmente y matemáticamente relacionados de principio a fin, mostrando con ello, que estas teorías son robustas. La teoría de Oparin, no cumplió con todas las conexiones entre

proposiciones y experiencia, la carencia del conocimiento sobre las moléculas y macromoléculas que dieron origen a la vida, no permite concluir en forma satisfactoria que es una teoría completa, hecho que coincide con lo que se conoce sobre la no existencia de una única teoría sobre el origen de la vida. Es muy relevante que estudiantes e investigadores tengan a la mano herramientas para contrastar teorías completas, autos consistentes, con teorías que aún están incompletas, saber dónde está esa incompleta y poder construir sobre lo que hace falta, lo desconocido.

Esta exposición del esquema epistemológico de Albert Einstein es de gran importancia para informar a estudiantes, profesores e investigadores científicos de cómo se visualiza una teoría axiomática o de primeros principios en las aplicaciones de su quehacer profesional.

REFERENCIAS

- [1] Isaacson, W., *Einstein su vida y su universo*, (Penguin Random House, Grupo Editorial, 2008) pp. 117-118.
- [2] <http://www.einstein-website.de>, página consultada el 1 de octubre del 2018.
- [3] http://www.es.wikipedia.org/wiki/Academia_Olimpia, consultada el 1 de diciembre del 2018.
- [4] <http://www.google.com/amp/s/gonzalosp.wordpress.com/2014/05/ecos-de-la-academia-olympia/amp/>, consultada el 3 de diciembre del 2018.
- [5] French, A. P., *Einstein a century volume, Carta a Maurice Solovine*, 4ª edición, 1952), pp. 271-272.
- [6] Holton, H., *The scientific imagination: Case studies*, (Cambridge University Press, 1978).
- [7] Einstein, A., *mi visión del mundo* (Editor digital. Titivillus, 1980), pp. 132, 134.
- [8] Guerrero Pino, G., *Einstein científico filósofo*, (Universidad del Valle, Programa Editorial, 2017), pp. 372.
- [9] Jackson J. D., *Classical Electrodynamics*, (Third Edition, Printed in the United States of American, 1999), pp. 2 – 782.
- [11] Corson Dale, R., Lorrain Paul, *Introduction to Electromagnetic field and waves*, (Second Edition, Copyright by W. H. Freeman and Company, 1962) pp. 1 – 499.
- [12] Feynman, R., Leighton, R. B., Sands Mathew, *Física Volumen II: Electromagnetismo y materia*, (Addison Wesley Longman de México, 1998).
- [13] <http://www.google.com/amp/s/historiaybiografias.com/Albert04/> consultada 1 de marzo de 2019.
- [14] Soto, J. R., Einstein, A., *La revolución de la física, el hombre y la máquina*, Ann. Phys. **17**, 103-104 (2005).
- [15] Serrano, J. A., *La teoría del conocimiento de Albert Einstein*, Ponencia presentada en el III Coloquio Nacional de Filosofía (____).
- [16] Negrón Mendoza, A., Ramos Bernal, S., Mosqueira, F. G., *Evolución química y el origen de la vida*, Educación Química **15**, 4e (2004).