

Evolución y desarrollo del paradigma newtoniano del tiempo



ISSN 1870-9095

Juan Carlos Terán Briceño^{1,2}, Hebert Elías Lobo Sosa^{1,2}, Gionara Tauchen², Everaldo Arashiro³

¹Centro Regional de Investigación en Ciencia, su Enseñanza y Filosofía (CRINCEF), Departamento de Física y Matemática, Universidad de Los Andes, La Concepción de Trujillo 3150, Trujillo, Venezuela.

²Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, 96203-900 - Km 8 - Carreiros, Rio Grande - RS -Brasil.

³Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF), Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) POLO 21, Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, 96203-900 - Km 8 - Carreiros, Rio Grande - RS -Brasil.

E-mail: juanfisico23@gmail.com

(Recibido el 30 de septiembre de 2020, 25 de noviembre de 2020)

Resumen

Con el fin de introducir de una forma inteligible, para los estudiantes de pregrado de física o enseñanza de la física, la evolución y desarrollo del paradigma newtoniano del tiempo, se realizó una revisión teórica, de naturaleza bibliográfica, con el objetivo de describir las transformaciones de las creencias y su evolución hasta el paradigma newtoniano del concepto del tiempo, empleando el modelo kuhniano para describir la ciencia. Son evaluadas y comparadas las distintas creencias a través de cuatro etapas, con el fin de representar el paradigma newtoniano del tiempo. Se concluye que el tiempo absoluto se puede estudiar como la evolución de un campo de creencias que forma un paradigma, con la propiedad de otorgar validez a las leyes del movimiento, hasta el punto que sus críticos se vieron obligados a aceptar los conceptos innatos.

Palabras clave: Tiempo, Paradigma, Ciencia Normal, Newton.

Abstract

In order to introduce in an intelligible way, for the undergraduate students of physics or physics teaching, the evolution and development of the Newtonian paradigm of time, a theoretical review, of a bibliographic nature, was carried out to describe the transformations of beliefs and its evolution to the Newtonian paradigm of the concept of time, using the Kuhnian model to describe science. Different beliefs are evaluated and compared through four stages, in order to represent the Newtonian paradigm of time. It is concluded that absolute time can be studied as the evolution of a field of beliefs that forms a paradigm, with the property of giving validity to the laws of the movement, insomuch that its critics were forced to accept innate concepts.

Keywords: Time, Paradigm, Normal Science, Newton.

I. INTRODUCCIÓN

La teoría del tiempo de naturaleza absoluta o relativa es muy discutida y analizada a partir de algunos actores principales, representados generalmente por: [1, 2, 3, 4, 5, 6] cuyos trabajos han sido sometidos a diferentes interpretaciones [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] sobre la evolución, medición y aplicación del tiempo. Sin embargo, dicha descripción se puede realizar a partir de las creencias, fenómenos e instrumentos encontrados significativamente en la historia de la filosofía e historia de las ciencias, además de emplear las reflexiones y críticas de físicos como extensión, emergencias y crisis; tal como es empleado en el modelo kuhniano de la ciencia o “ciencia normal”.

En la actualidad el estudio del tiempo es un concepto transversal que penetra todas las áreas del conocimiento, y

ha intrigado a pensadores como Hawking [18], Prigogine [15, 16, 17] y Whitrow [19, 20], que discuten el paradigma del tiempo newtoniano en sus diversas obras.

Precisamente debido a su gran aplicabilidad en diferentes áreas de conocimiento, el tiempo es estudiado como un hecho puramente geométrico y paramétrico, tal como lo ha demostrado la Matemática y Física Clásica. Mientras que, solo los estudiantes, pertenecientes a carreras de física pura o enseñanza de la física, reciben estudios de Física Moderna, donde, según Kuhn [13] los estudiantes se encuentran como fieles creyentes de la ciencia normal, y sus conocimientos son principalmente adquiridos por los libros de texto y manuales. Con excepción de una pequeña parte de estudiantes, que acceden a la literatura científica y analizan de forma personal las emergencias y revoluciones científicas.

Aunque para el nivel universitario, existe una excelente bibliografía de física, en la que se trata, de alguna manera, el significado del tiempo [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30], el carácter ontológico del mismo es apenas mencionado, y los atributos históricos para su respectiva representación o categorización del paradigma, no son desarrollados explícitamente. Se observa, en el análisis de esta bibliografía, como asocian el tiempo inmediatamente a un sistema paramétrico o línea continua, como consecuencia del estudio del cálculo y la geometría, disciplinas que, siendo interdisciplinarias, han ocultado la evolución histórica hasta el siglo XVII, razón por la cual el presente trabajo resulta ser un complemento a dicha bibliografía, al desarrollar explícitamente su carácter ontológico. Además de proponer el modelo kuhniano de la ciencia para el estudio de conceptos que han evolucionado en el tiempo.

Se comienza con una revisión de las obras cumbres de Kuhn [12, 13] para discutir cómo el paradigma realiza un cambio en la percepción y la evaluación de los datos conocidos, con la misión de ofrecer una alternativa a la tradición filosófica y la forma tradicional de estudiar la historia; posteriormente se plantea el modelo kuhniano, para evaluar y comparar las corrientes del pensamiento relacionadas con la concepción de progreso, evolución y desarrollo del tiempo a través de cuatro etapas. Por último, se evalúan y comparan las creencias sobre el “tiempo” en función de las etapas propuestas, para poder representar el paradigma del tiempo newtoniano.

II. LA CONSTRUCCIÓN DEL PARADIGMA DE THOMAS SAMUEL KUHN

La confianza que genera un paradigma específicamente a una comunidad científica es de tal magnitud, que para formarse y capacitarse para esa comunidad solo se necesita ejemplificar las observaciones, leyes y teorías enmarcadas en la ciencia que practican. La otra cara de la ciencia representada por anomalías, emergencias, progresos, evolución y crisis pasa a un segundo plano, categorizada por una literatura científica que parece destinada a historiadores o humanistas. Es por esta razón que *“hasta las últimas etapas de la instrucción de un científico, los libros de texto substituyen sistemáticamente a la literatura científica creadora que los hace posibles”* [13].

El Objetivo fundamental que persigue Kuhn en [13] es demandar con urgencia un cambio en la percepción y la evaluación de los datos conocidos. Para ello, construye una serie de conceptos que permitan estructurar la ciencia. En este sentido, analizaremos inicialmente ¿Qué es un paradigma y como este, determina una ciencia normal? En palabras de Kuhn [13] un paradigma puede ser el papel desempeñado en la investigación científica, que involucra realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. Estos paradigmas universalmente aceptados y legitimados comparten dos características: Su logro carece suficientemente de precedentes y son incompletas, con el fin de dejar muchos

problemas para ser resueltos por un limitado grupo de científicos.

El estudio de los paradigmas tiene como función principal preparar al estudiante para que pueda formar parte de una comunidad científica, con la que podrá trabajar más tarde. La investigación fundamentada en paradigmas comparte las mismas reglas y normas. Por estas razones, la condición necesaria para que una creencia sea considerada como paradigma es que exista un conjunto ordinario de métodos o fenómenos que puedan ser empleados y explicados, además esta idea debe parecer mejor que sus competidoras. Por supuesto que existen excepciones *“tales como las matemáticas y la astronomía, en los que los primeros paradigmas firmes datan de la prehistoria”* [13].

Una vez definido el paradigma podemos observar cómo actúa en la “ciencia normal” donde el éxito de un paradigma es al principio, una promesa de éxito discernible en ejemplos seleccionados y todavía incompletos, que necesita operaciones de purificación, que consiste en obligar a la naturaleza a que encaje dentro de los límites preestablecidos y relativamente inflexibles. Esto genera, en principio, tres focos en la investigación científica fáctica, primero, los hechos mostrados por el paradigma, revelan la naturaleza de las cosas; segundo, creación de técnicas y aparatos para poder verificar las predicciones y finalmente la ejecución de experimentos y observaciones. Esto explica por qué la ciencia normal parece progresar tan rápidamente. La razón queda justificada al momento de intentar llegar a la conclusión de un problema de investigación, logrando lo esperado, pero de una manera nueva, apelando a la resolución de toda clase de complejos enigmas instrumentales, conceptuales y matemáticos. Kuhn establece que *“la búsqueda de principios y reglas es más difícil y menos satisfactoria que la de paradigmas”* [13]. Sin embargo, *“la ciencia normal puede determinarse en parte por medio de la inspección directa de los paradigmas”* [13]. Sin embargo, estas cuatro afirmaciones presentan a los paradigmas en la “ciencia normal” como objetos sólidos y difíciles de cambiar, entonces esto trae como problema la siguiente pregunta: ¿Qué produce un nuevo paradigma? Esta interrogante hace que Kuhn defina un nuevo concepto, denominado “anomalía”, el cual tiene como características en percibir que las cosas no están resultando como se esperaban (falla en las predicciones), la aparición gradual y simultánea de un extraño reconocimiento tanto conceptual como de observación y un cambio consiguiente de las categorías y los procedimientos del paradigma, acompañados a menudo inicialmente por una resistencia. La naturaleza de estas anomalías genera la necesidad de lo que Kuhn denominó “revoluciones científicas”.

III. MODELO KUHNIANO (METODOLOGÍA)

Siguiendo las recomendaciones dadas por Kuhn [12] en el ensayo *“The Trouble with the Historical Philosophy of Science”*, nos permitió establecer un camino para evaluar y comparar las corrientes del pensamiento relacionadas con la concepción de progreso, evolución y desarrollo del tiempo.

Siempre intentando evadir el raciocinio implementado por la tradición filosófica, que consiste en tomar decisiones sobre cuales ideas son más lógicas y acertadas a su realidad o verdad que ellos legitiman. El camino inspirado por [12, 13] se puede resumir en cuatro etapas:

Etapa 1: “*Narrativas*” consiste en iniciar con una descripción referente a lo que las personas creían, para lo cual se debe incluir una especificación del vocabulario conceptual en el que se describieron los fenómenos naturales y en las que se expresaron las creencias. Responder, si existe, ¿por qué los actores humanos eligieron cambiar un determinado grupo de creencias? y ¿por qué se produjo un cambio de creencias? Además, Se debe evitar comprensiones referentes a las dos preguntas anteriores.

Porque el desarrollo de narrativas debe excluir “*la tradición anterior en filosofía de la ciencia, donde las creencias debían ser evaluadas por su verdad o por su probabilidad de ser verdaderas*” [12]. Aquí se deben considerar todas las creencias en el punto que envuelven la teoría, no solamente aquellas que lograron sobrevivir y adaptarse a futuros paradigmas.

Etapa 2: “*Comparación entre creencias*” el estudio de los instrumentos con los cuales se han realizado las observaciones relevantes permite, evaluarlos y compararlos según un conjunto de seis criterios, donde los cuatro primeros son los candidatos a una ciencia normal y los dos finales son posibles revoluciones científicas: Precisión, coherencia, aplicabilidad o amplitud, simplicidad, inconmensurabilidad y especialización.

Etapa 3: “*Evolución o progreso de creencias a paradigma*” aquí se propone describir cómo se refinan, especializan y perfeccionan las herramientas e instrumentos evaluados y comparados en la etapa anterior, para legitimar una creencia, haciéndola tan rígida con teorías y leyes verificables para transformarlas en un paradigma. Para Kuhn [12] el desarrollo científico es como la evolución darwiniana, un proceso impulsado desde atrás en lugar de ser empujado hacia una meta fija a la que se acerca cada vez más. En este sentido, las creencias modificadas en este proceso son las que transmiten a sus sucesoras, trabajar y modificar el conocimiento científico a medida que avanza.

Etapa 4: “*Atributos deslegitimados después de una revolución científica*” generalmente explica Kuhn [12] que cuando se producen revoluciones, estas desplazan directamente algunos de los conceptos básicos de la práctica anterior en un campo a favor de otros, que implica una reducción del enfoque. Es por esto que el modo de práctica permitido por los nuevos conceptos nunca cubre todo el campo del cual el anterior asumió la responsabilidad. En esta fase se describen los modos de práctica más antiguos y si han sido retirados y excluidos de la ciencia.

IV. PROGRESO Y COMPARACIÓN DE LAS CREENCIAS SOBRE EL “TIEMPO”

En este apartado describiremos las transformaciones de las creencias del tiempo hacia un paradigma utilizado específicamente en la física, empleando enigmas,

Evolución y desarrollo del paradigma newtoniano del tiempo instrumentos de medición, anomalías, crisis, emergencias, descubrimientos y aspectos ontológicos. Son evaluadas y comparadas las distintas creencias a través de cuatro etapas, con el fin de representar el paradigma del tiempo newtoniano.

Etapa 1: “*Narrativas*”

A. Creencias del tiempo desde los albores de la historia hasta el siglo VI a.C.

En los albores de la historia cuando el Homo sapiens o su antecesor “neanderthalensis” comenzó a ser consciente de sus recuerdos y sus propósitos, tuvo como consecuencia, hacer distinciones entre pasado, presente y futuro. En el reportaje [31] referente a una cueva de Lascaux ubicada en Francia, con una antigüedad aproximada de 18.600 años se encuentran representaciones de caballos, ciervos, toros y bisontes, que totaliza la décima parte de todas las manifestaciones gráficas paleolíticas inventariadas en Francia. Mientras que, en el Norte de España se encuentran representaciones similares con 40.800 años de antigüedad. Para Rivera [32] hace 40.000 años el hombre fue coetáneo de los neandertales. Estas famosas pinturas paleolíticas son consideradas por Whitrow [20] como “*una prueba de que, al menos de modo tácito, el género humano ha actuado desde hace 20.000 años o más, con intenciones teleológicas en términos de pasado, presente y futuro*”. Pero lo más impresionante, es que hay evidencias de rituales fúnebres que datan de hace 60.000 años, realizados, evidentemente por neandertales. Mientras que nuestra propia especie, se conocen evidencias desde hace 35.000 años, que revela que los muertos fueron equipados con armas, herramientas, ornamentos y comida. Esto es, sin duda, una forma de proyectarse al futuro y querer prevalecer después de la muerte. Para Price [33] la obsesión por la naturaleza del tiempo es tan antigua como el pensamiento humano, para él, no puede concebirse el avance o desarrollo de una sin la otra.

Según Gribbin [9] con la aplicación de técnicas modernas para datar terrenos se demostró que la Edad de Piedra de Europa Occidental antecedió a la del Mediterráneo Oriental. Un indicio que presenta Gribbin, es que las tumbas megalíticas fueron erigidas centenas de años antes que las pirámides. Esto nos lleva a concluir que, en los albores de la historia existía un fuerte sentido de la vida después de la muerte, lo que establece un pensamiento proyectado al futuro, mientras que, las primeras representaciones pictóricas relatan eventos y sucesos que requieren una memoria que proyecta al pasado.

Para los mayas, según [19, 20] cada día era divino en sí mismo, porque creían que las divisiones del tiempo estaban representadas por cargas sostenidas por una jerarquía de portadores divinos que personificaban los respectivos números con los que se distinguían los diferentes períodos de tiempo, que en suma formaban un ritmo cíclico. Relata [9] que esta visión cíclica del tiempo procede de los sacerdotes mayas que establecían la repetición de la historia cada 260 años.

En la Antigua Grecia las características del pasado micénico o “Edad de Oro” representado por dioses y héroes

se transmitió de forma oral entre las generaciones griegas, y se tornó en vocabulario referencial en la épica de Homero y Hesíodo. A diferencia de Homero que dotó al espacio como la fuente del orden, Hesíodo, en su obra *Los trabajos y los días*, hizo un relato de la decadencia del hombre desde la primigenia “Edad de Oro” donde el tiempo tiene un aspecto del orden moral del universo. Creyendo así, que la historia describe el deterioro de lo ideal (Orden) a su presente, representado por un conjunto de necesidades, como la reorganización para evitar el Caos; esto trae como consecuencia que el tiempo no tome una figura divina.

Palabras como *Aion*, tiempo sagrado y eterno solo se presentó en la época helenística, que se diferenciaba del *chronos* que hace referencia al tiempo ordinario. Se conoce de Anaximandro la creencia del tiempo como juez, en uno de sus fragmentos, conocido gracias a Simplicio en su *Física*, 24,13. Que: “Pues donde la creación es para los seres, es para donde también la corrupción se crea según lo necesario; pues conceden ellos mismos justicia y diferencia unos a otros por la injusticia, según la ordenación del tiempo” [34]. Mientras que, según Plutarco, cuando le preguntaron a Pitágoras (siglo VI a.C.) qué era el *chronos* respondió que era el “alma” o el elemento procreador del universo.

En Whitrow [19, 20] estas ideas podían estar afectadas por los orientales, porque la idea órfica de *chronos*, parece bastante similar a la idea persa de *Zurvan Akarana*. Las enseñanzas pitagóricas sobre el concepto de número estaban relacionadas con el significado espacial y también temporal.

En la Antigua India durante el período védico, la idea abstracta del tiempo era considerada como el principio fundamental del universo, pero se desconoce si fue convertida en deidad. Sin embargo, relata Whitrow [19, 20] que el término *kala* se había asociado a *Kali*, “la Negra”, una de las formas de la consorte del dios Siva, y este a su vez está relacionado con el tiempo.

Los egipcios consideraban el tiempo como una sucesión de fases recurrentes. Osiris encarnaba este ciclo de nacimiento, muerte y resurrección, y prometía la inmortalidad y solo el faraón podía convertirse en Osiris. Tenían muy poco sentido de la historia, del pasado y el futuro. Pues, aunque existía un pasado absoluto, era normativo, es decir, no se aleja o fluye. El mundo era esencialmente estático e inmutable.

A diferencia de Egipto, en Mesopotamia, la estructura básica de la sociedad se vio afectada en diferentes épocas, específicamente cuando dominaron los sumerios, los babilonios y los asirios, aunque su cultura perduró por más de 2.000 años, estos acontecimientos permitieron un pensamiento del tiempo dinámico, cuando los poderes divinos estaban en conflicto, y un tiempo estático, que sólo era posible por la voluntad de los dioses, quienes mantenían el orden cósmico, en fenómenos como los movimientos del Sol, la luna, las estrellas, y el ciclo de las estaciones.

En la última parte del segundo milenio a.C., el antiguo Israel tras el éxodo desde Egipto y el asentamiento en Canaán, los judíos se ubicaron en la principal vía de comunicación entre Egipto y Babilonia. Esto trajo como consecuencia que en el año 722 a.C. el reino del norte, Israel,

fuese derrocado y que en el año 586 a.C. los babilonios destruyeran Jerusalén, que incluía el templo, y por estas circunstancias, muchos de los habitantes del reino del sur, Judea, fueron deportados a Babilonia. Los judíos recurrieron al pasado en busca de testimonios de la providencia divina, y explicaron el infortunio como un castigo a la infidelidad a Yahvé, o Dios. Los diversos profetas durante casi 150 años anunciaron la promesa de un Mesías que vencería a los enemigos de Israel y restauraría la antigua gloria de su nación.

Para los antiguos hebreos el tiempo era un proceso lineal unidireccional que se extendía desde el acto divino de la creación hasta el cumplimiento último del propósito de Dios y el triunfo final, aquí en la tierra, de Israel, el pueblo elegido. Cuando Babilonia formaba parte del imperio persa hacia el año 503 a.C., los astrónomos sacerdotales habían descubierto que el año trópico no tiene exactamente la misma duración que el año sidéreo. Por otro lado, el empleo de la astrología zodiacal tuvo que esperar un siglo más. Es decir, la noción del tiempo en Mesopotamia era cíclica.

B. Creencias del tiempo desde el siglo V a.C. hasta el siglo V d.C.

En China los seguidores del filósofo Mo Ti en el siglo V a.C. se inclinaba hacia la atomicidad temporal, el universo se consideraba un vasto organismo sometido a un modelo de alternancia cíclica, ahora gobernado por un componente, ahora por otro, que subordinaba la idea de sucesión a la de interdependencia. Del mismo modo que el espacio se descomponía en regiones, así el tiempo se dividía en eras, estaciones y épocas; de manera que, la medida en que la filosofía natural china se puso a pensar en el tiempo tenía forma de compartimentos o cajas distintas.

En el siglo IV a.C. el desarrollo filosófico del tiempo toma representación en Platón [35] que en su obra del “*Timeo*” expresa que el Sol, los astros y los planetas fueron puesto por Dios para que el hombre pueda marcar y medir el tiempo, pero deja claro que estos astros no son la esencia del tiempo y tampoco lo recrean, ellos devienen sin ser nunca, porque las cosas que se mueven son formas del tiempo que imitan la eternidad. La eternidad es, para Platón, de la misma naturaleza que el tiempo, una idea que solo puede ser observada en sombras, y cualquier intervalo de tiempo que se mide, es sólo el reflejo de lo infinito, puro, armónico y ordenado, transformado en finito, divisible y equitativo, de la mano del hombre.

Mientras que su discípulo Aristóteles [1] defiende la tesis de la continuidad del tiempo, diferenciándolo de la continuidad del espacio o del movimiento. En su obra “*Física*” demuestra deductivamente la divisibilidad infinita de las partes del tiempo. En el “libro IV” de la “*Física*” de [1] define el tiempo como infinito, continuo y divisible, donde sus partes tienen la propiedad de heredar las mismas características. Es importante, enfatiza él, diferenciar el tiempo del ahora, porque el primero es divisible, mientras que el segundo es indivisible, y aunque el ahora determina el tiempo, este no es parte del tiempo.

Agrega que, cuando seleccionamos dos puntos, estos forman y definen en el espacio euclidiano una recta, por lo que, dos puntos contiguos son partes de una línea y definen un patrón y este, a su vez un segmento de recta. Análogamente, el tiempo tiene una parte elemental e indivisible el “ahora”, (ver figura 1) así como el punto lo es para recta, esta forma imposibilita que dos “ahora” sean

Evolución y desarrollo del paradigma newtoniano del tiempo contiguos, solo representan los extremos del intervalo del tiempo.

Por antes y después entiende Aristóteles son las partes asociativas a las fases del movimiento, ya que tanto el desplazamiento, como movimiento, son inconcebibles sin el tiempo.

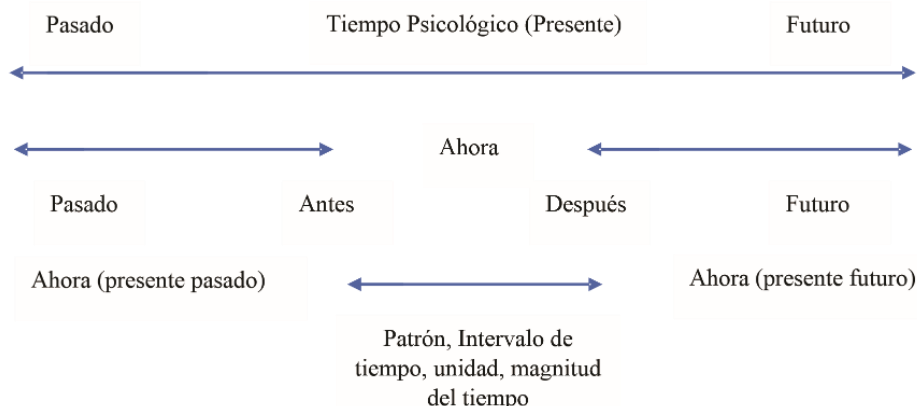


FIGURA 1. Función Aristotélica del *Ahora* en el Tiempo. (Fuente: Autores).

Los estoicos, empezando por Zenón de Citio siglo III a.C. y sus seguidores, hasta el último de sus representantes Marco Aurelio siglo I d.C. en sus “Meditaciones”, defendían una filosofía de la resignación ante las dificultades terrenales. Como se puede apreciar en los siguientes paisajes: “*El tiempo es un río formado por los eventos, un torrente impetuoso. Mal se avista una cosa, cuando es arrebatada y sustituida por otra*” [36]. Y finalmente, en el declara “*Debes vivir conforme a la naturaleza el tiempo excedente que te queda, como si ya estuvieras muerto, terminada aquí tu vida*” [36]. Con su insistencia en las vicisitudes del cambio perpetuo, destilan un aire de hastío por las cosas del mundo.

Para Whitrow [19, 20] la primera historia de Roma fue escrita por un griego, Polibio, que vivió en Roma en el siglo II a.C. Además, señala que el éxito de la aplicación del calendario juliano por parte de imperio romano, permitió corregir significativamente las anomalías entre el calendario civil (basado en las fases lunares) y el calendario astronómico (basado en el Sol). Los romanos también tornaron famoso el cómputo de una sola era, iniciando el sistema griego de datación por medio de olimpiadas, siendo la primera, como se relata en [37] en el año 776, a.C. fecha que según los romanos coincidía con la fundación de la ciudad de Roma.

En el año 1000 después de la primera olimpiada, se popularizó por influencia astrológica el empleo de la semana, denominados según sus planetas respectivos, Saturno, el Sol, la Luna, Marte, Mercurio, Júpiter y Venus.

El obispo de Hipona San Agustín [2] en su obra “*Las confesiones*” a mediados del siglo V, indica que el tiempo tiene su atributo en el ser, con la capacidad de que todo lo limpia, todo lo cura y todo lo sana, además, niega la

posibilidad de conocer el presente y lo diferencia del tiempo. Específicamente en el libro undécimo y decimosegundo explica que los efectos que se perciben de un objeto, refiriéndose al movimiento de un fenómeno, solo es un marcador o medidor del tiempo que crea una imagen que puede ser predictiva y comparativa para eventos futuros, o memorística cuando se refiere al pasado. Tanto el pasado como el futuro no existen, uno fue y el otro será, pero que solo se es en la eternidad del presente, donde el fenómeno se limita a lo que pasó y pasará, mientras que el ser es lo que es en el eterno presente.

El tiempo es obra de Dios según San Agustín [2] pero niega la posibilidad de que este pueda ser coeterno a Dios, porque Dios es permanente, y el tiempo es una creación “*¿Qué es, pues, el tiempo? Si nadie me lo pregunta, lo sé; pero si quiero explicárselo al que me lo pregunta, no lo sé.*” [2]. Afirma que si nada pasase no habría tiempo pasado; y si nada sucediese, no habría tiempo futuro; y si nada existiese, no habría tiempo presente. Lo correcto, plantea San Agustín, es hablar del presente de cosas pasadas (la memoria), presente de cosas presentes (visión) y presente de cosas futuras (expectación). Y solo lo que puede ser medido, tiene la propiedad de ser conocido por el pensamiento.

C. Creencias del tiempo desde el siglo VI d.C. hasta el siglo XV d.C.

En el siglo VI, los grandes generales del emperador bizantino, Justiniano, Belisario y Narsés, reconquistaron con éxito buena parte de Occidente. El primer intelecto científico producido por los pueblos germánicos de Europa, según relata Whitrow [19, 20], fue Beda el Venerable (673-735

d.C.) donde su libro más famoso, “*la Historia eclesiástica de los anglos*” representa la primera obra histórica que se escribió en Inglaterra. Que consistía en resolver el problema de la Pascua y otros puntos de discusión entre las iglesias. También gracias a Beda, se introdujo en Inglaterra el sistema de calcular los años desde la encarnación de Cristo.

En el siglo VII el poder militar islámico provoca la ruptura definitiva entre Oriente y Occidente. La música constituye un caso especial, de influencia Islámica, que permitió el paso del canto llano de la primera Iglesia medieval a una música mensurable, introducida en Europa alrededor del siglo XII, implicando una importante contribución cultural al desarrollo de los conceptos temporales en Europa.

Con respecto a la visión del tiempo, la contribución más importante y original de los pensadores islámicos medievales fue su teoría del tiempo discontinuo o atomístico. En [38] el Sultán egipcio Saladino (1137-1193) asignó al tiempo una propiedad elemental o atómica, lo cual, contradice la divisibilidad del tiempo, que denominó de intervalos o “ahoras”. Esta concepción atomística del tiempo estaba asociada a un concepto del mundo drásticamente luchador, su existencia en un instante no implica su existencia en el instante siguiente.

Hasta el siglo XIV sólo la Iglesia se interesó por la medida y la división del tiempo. La palabra inglesa “*clock* (reloj) está relacionada etimológicamente con la palabra latina *clocca* y la francesa *cloche*, que significan campana” [19]. La data de la invención del reloj mecánico es indeterminada y solo pudo ser producida con la fabricación del primer escape de eje de volante al final del siglo XIII. En Europa, el reloj diseñado para la abadía de St. Albans en el primer cuarto del siglo XIV tenía dos escapes “eje de volante”, uno para controlar el rodaje y otro para hacer sonar la campana cada hora. Paralelamente se inventaron los relojes de arena, con una precisión de treinta segundos, con el empleo de la cascara de huevo pulverizada.

Para inicios del siglo XV el tiempo ya no se asociaba sólo con fenómenos naturales o algún ritual religioso, relata Whitrow [19, 20], sino con la misma vida cotidiana, rápidamente se pudo concebir que el tiempo es dinero y en consecuencia se debía distribuir con cuidado y emplear de manera económica.

D. Creencias del tiempo desde el siglo XVI d.C. hasta el siglo XVIII d.C.

La idea del universo como reloj se destacó en la revolución científica del siglo XVII, porque en lugar de postular cualidades ad hoc, los científicos recurrieron a hipotéticos sistemas mecánicos para desentrañar fenómenos naturales. El primero y por eso reconocido como el padre de la física fue Galileo Galilei (1564-1642) el cual, no solo se dedicó a observar los cielos, o usar el sonido que indicaban las campanas para organizar su vida, tal como lo hacían sus coetáneos, sino que estableció relaciones matemáticas entre el peso de la cantidad de agua recogida y el desplazamiento de un objeto.

Su método consistía en dejar salir un fino chorro de agua que abría y cerraba a su voluntad con el uso del pulgar, el cual obstruía un agujero previamente realizado a un envase que contenía el agua. En su famosa experiencia basada en la velocidad del objeto que se desplaza en un plano inclinado, midió el tiempo pesando la cantidad de agua que emergía del chorro, quitando el pulgar del agujero al principio de la experiencia y colocándolo de nuevo cuando la pelota llegaba al punto deseado. Para Kuhn [13] Galileo descubrió que una bola que rueda por una pendiente adquiere la velocidad exactamente necesaria para volver a la misma altura vertical en una segunda pendiente sin importar su inclinación.

Este descubrimiento le permitió asignar un proceso periódico natural que se puede repetir infinitamente y lo más importante, ser contado o cuantificado. Así relaciona los cuerpos con la oscilación del péndulo, Galileo concluyó que cada péndulo simple tenía su propio período de oscilación, longitud y que sin duda podía ser empleado para registrar mecánicamente el tiempo en un reloj.

A principios del siglo XVII, Kepler rechazó de modo explícito la antigua concepción casi animista del universo y afirmó que era similar a un reloj. Entre los que establecieron la misma analogía, se encuentra Boyle y Huygens, quien declara que en la verdadera filosofía todos los fenómenos naturales se explican por razones mecánicas. La invención de un nuevo escape tipo áncora en el tercer cuarto del siglo XVII permitió la fabricación del reloj que podía funcionar de manera continua y uniforme, fortaleciendo así la creencia en la homogeneidad y continuidad del tiempo.

V. EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN ENTRE CREENCIAS REFERENTES AL TIEMPO

Una vez descritas las creencias en función de las observaciones y fenómenos, se prosigue con la evaluación y comparación de los instrumentos según los criterios de: Precisión, coherencia, aplicabilidad y simplicidad. Para ello, haremos uso del método del cuadro comparativo (Ver cuadro 1) y del esquema comparativo (Ver figura 2).

En esta comparación, se puede apreciar como en los últimos 2000 años se han elaborado distintos calendarios, que están relacionados con la observación del año trópico, que es medido por el paso de las estaciones; el año lunar, que corresponde a la observación de las fases lunares y finalmente el año sidéreo que consiste en el movimiento relativo de las estrellas observables con respecto a la tierra, y que, cuando las estrellas se encuentran de nuevo alineadas, es porque forman un período o año sideral. Actualmente la astronomía ha demostrado que el año más preciso por la humanidad es el sideral; y que es ligeramente diferente del año solar por el movimiento relativo del eje de rotación terrestre. Estas observaciones fortalecen la idea de un universo mecánico del tipo reloj, lineal y homogéneo, que necesitó en un primer momento de un relojero (Dios) que lo puso a funcionar y que, de vez en vez, lo sincroniza y le hace mantenimiento para que no pierda su orden.

CUADRO 1. Evaluación y comparación de los Calendarios usados en los últimos 2000 años (Fuente: autores).

Representante	Mundo Romano	Mundo Islámico	Mundo Cristiano
Instrumento	Calendario juliano	El calendario Islámico	Calendario Gregoriano
Precisión	Año tropical de 365 días y 1/4, el año civil ordinario constaba de 365 días, tenía un margen de error de 11 minutos en 128 años	Año lunar diez días más corto que el año trópico	Año sidereal, considerado como el más exacto. Convirtió el 04/10/1582 en 15/10/1582.
Coherencia	El movimiento solar se adapta mejor a las estaciones que brindaban una ventaja a la hora de ir a la guerra	El tiempo es orden y dado por Dios. El 16 de julio del año 622, es primer día de la huida de Mahoma.	El universo como un gran reloj continuo y homogéneo
Aplicabilidad	Organizar las batallas imperiales considerando las estaciones y organizar las cosechas	Determinar el tiempo preciso del día o de la noche, para realizar las distintas oraciones	Registros precisos a lo largo de la historia, de fenómenos astronómicos como terrestres
Simplicidad	Solo se agregaba un día cada cuatro años	Muy complicado por lo que necesitan contante ayuda matemática	Una pequeña adaptación de la visión del calendario juliano

	Instrumento	Precisión	Coherencia	Aplicabilidad	Simplicidad
EGIPTO	<ul style="list-style-type: none"> -Calendario sotiaco -Reloj de sol -Reloj de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendía 12, de 30 días cada uno y 5 días a final del mes 12 - señala 10 horas, contando 2 más en el crepúsculo diurno y nocturno - Las 12 divisiones del cielo, originó las doce horas de la noche. 	<ul style="list-style-type: none"> Imaginaban el mundo estático e inmutable. El significado cósmico les hizo crear un sistema organizado 	<ul style="list-style-type: none"> organizar y coordinar las actividades, prevenir las sequias y las inundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Se dividía en 12 partes iguales
SUMER Y BABILONIA	<ul style="list-style-type: none"> Calendario lunar 	<ul style="list-style-type: none"> Emplea el sistema sexagesimal para la división de las horas y minutos. Ciclo Metónico: 19 años solares son casi equivalentes a 235 meses lunares. 	<ul style="list-style-type: none"> se consideraban repeticiones de las acciones divinas y este implicaba un tiempo para los rituales en el ciclo 	<ul style="list-style-type: none"> datación de la Pascua Descubrieron que el año trópico es diferente que el año sidéreo 	<ul style="list-style-type: none"> Orden y equivalencia entre los años
GRECIA Y LA CIVILIZACIÓN HELENÍSTICA	<ul style="list-style-type: none"> Calendario lunisolar 	<ul style="list-style-type: none"> los meses se midieron por fases de la luna, sincronizado con el sol. 	<ul style="list-style-type: none"> El tiempo no tiene una existencia real, sino que se trata de un concepto mental o un instrumento de medida 	<ul style="list-style-type: none"> Organizar acontecimientos públicos, regular siembras y cosechas 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclos anuales
LOS MAYAS	<ul style="list-style-type: none"> Almanaque o calendario maya 	<ul style="list-style-type: none"> El mes solar es de unos 29,5 días, y un mes del calendario no puede contener una fracción de día, se dispuso de 29 y 30 días Un sistema de numeración en base 20, 13 meses de 20 días para un ciclo de 260 días. El año solar de 365 días compuesto por 18 meses de 20 días. Un ciclo de 18.980 días equivalentes a los ciclos de 260 y 365 	<ul style="list-style-type: none"> El katun, que comprendía veinte años de 365 días, era la unidad de tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> Ofrecer sacrificios en un tiempo oportuno y más exacto. 	<ul style="list-style-type: none"> Precisión del orden de un día en quinientos años
ISRAEL	<ul style="list-style-type: none"> Calendario lunar 	<ul style="list-style-type: none"> En la numeración de sus años, los judíos utilizaron la misma era que los seléucidas 	<ul style="list-style-type: none"> parte de un continuum que se extendía desde el principio hasta el fin del tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> Los fariseos se adhirieron al año lunar, los saduceos adoptaron el año lunisolar empleado por los griegos 	<ul style="list-style-type: none"> La linealidad y secuencia

FIGURA 2. Evaluación y comparación de los instrumentos. (Fuente: autores).

No es de extrañar el impacto que tuvo en las creencias de una determinada cultura, tal afirmación, recurrente y observable, que al ser confirmada por un grupo de personas reconocidas como ilustres y pudientes de una sociedad, tuvieron que cambiar no solo sus pensamientos, sino el cálculo, la geometría, las artes, las técnicas y las herramientas para que sean eficientes, lineales y homogéneas como la gran máquina del universo.

VI. EVOLUCIÓN O PROGRESO DE CREENCIAS AL PARADIGMA NEWTONIANO DEL TIEMPO

En la época moderna, Newton no solo conceptualiza el tiempo, sino que también, según Heisenberg [11] plantea una generalización de la matematización, que inicialmente fue definida por Galileo en 1623, indicando que cada concepto puede ser representado por un símbolo matemático, es decir, cuando se realizan interrelaciones entre diferentes conceptos. Estas también son condicionadas a ser representadas por ecuaciones matemáticas.

En su obra *Philosophiæ naturalis principia mathematica* o “Principia” Newton. Define: “*El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y su naturaleza no tiene relación con nada externo, fluye siempre igual y este fluir se denomina como duración: [por otro lado, el tiempo] relativo, aparente y vulgar, su duración es sensible [frente una] medida externa en movimiento (exacta o uniforme) el cual vulgarmente es usado por el tiempo verdadero; como una hora, los días, los meses, los años.*” [6].

Es así que, solo en términos de Newton adquiere sentido hablar del fluir del tiempo y como él lo justifica en una de sus cartas a Oldenburg [20], apelando a su fuerte concepción teológica, donde existe un dios que de vez en cuando ajustaba los engranajes del reloj para que siga funcionando armónicamente

La mecánica clásica no tendría ningún resultado sin aceptar la condición de la ecuación (1), ya que dejaría de ser determinista y reversible en el tiempo. Es por esto que, Prigogine [15] establece que, a partir del fluir del tiempo newtoniano, se fundan las bases de un sistema determinístico y con simetría temporal, que influenciaron en todas las leyes fundamentales de la física clásica hasta la física cuántica. Ya Heisenberg [11], prueba que el futuro y pasado newtoniano están separados por un intervalo de tiempo, infinitesimal, que no es indivisible, como el ahora de Aristóteles, sino que es divisible y de la misma naturaleza del tiempo que denominó como “presente momento”.

$$\frac{dt}{dt} = 1. \quad (1)$$

La obra “Principia” sintetiza y aborda completamente, dos grandes corrientes metodológicas de la ciencia moderna. Que consiste en la matematización y la experiencia, el cual tienen la característica de superar el empirismo de Francis Bacon (1561-1650) y el racionalismo de Descartes (1596-

1650). Por estas razones, Kant al tener como meta analizar la estructura y los límites del conocimiento, toma como condición inicial y tautológica la física y la mecánica celeste elaboradas por Newton, siendo este reconocida por Kant como la propia ciencia.

En [39] el científico Pierre Simon Laplace (1749-1827) no solo acepta el pensamiento newtoniano, sino que reformuló muchas de las especulaciones empleando el lenguaje matemático y se dedicó a los enigmas dejados por el paradigma. Y el físico e historiador Frances Jean-Paul Auffray [40] establece que la concepción newtoniana del tiempo absoluto es extensamente aceptada. Y coloca como ejemplo al suizo Leonhard Euler (1707-1783) quien la presenta como una condición necesaria de validez absoluta de las leyes del movimiento.

La estocada final del gran éxito de que el tiempo debía ser absoluto y no relativo, fue con las observaciones realizadas en el siglo XIX sobre el movimiento del planeta Urano, el cual, dicho planeta no se ajustaba con la teoría gravitacional de Newton, según [41] tanto Leverrier en Francia como Adams en Inglaterra, plantearon que existía un planeta que aún no había sido detectado en las cercanías de Urano. Y fue así como Galle llegó a ver por primera vez el planeta actualmente conocido como Neptuno. En este siglo la teoría de Newton era tan prestigiosa en la física como lo fue la biblia para el cristianismo.

Además, en la actualidad Kuhn [13] señala que la única opción aparente para no aceptar las ideas innatas del tiempo y la gravedad, era la de rechazar la teoría de Newton “*en última instancia, ninguna de esas opiniones triunfó. Incapaces de practicar la ciencia sin los Principia*” [13]. Debido a que no lograron explicar empíricamente dichos conceptos, los científicos aceptaron gradualmente la idea de que el tiempo absoluto, el espacio absoluto y la gravedad, en realidad eran innatas.

Una vez verificado el éxito del concepto, resta representar la estructura del mismo, como un paradigma, a través de su simplicidad, métodos, fenómenos y campos de aplicación.

A. Simplicidad

El concepto newtoniano el tiempo tiene la característica de ser más simple que sus ideas predecesoras por:

- Definir la duración de los eventos particulares en términos numéricos. A través del conteo repetido de la medida del tiempo como unidad.
- Garantiza que la participación de la duración es totalmente independiente de que los cuerpos estén en movimiento o en reposo.
- Utilizar la misma medida del tiempo para los cuerpos que estén en movimiento o en reposo.

B. Métodos

El atributo absoluto del tiempo permitió generar métodos que registran datos sin la preocupación de que estos sean adulterados por el sujeto, así se logra superponer los Marcos de Referencia y sistemas de coordenadas para obtener

sistemas de referencia en reposo relativo o movimiento relativo. Esta abstracción matemática, permite asumir sin problemas una equivalencia entre el tiempo absoluto, intervalo de tiempo o medida del tiempo y el tiempo relativo.

A demás del registro de datos, el concepto del tiempo absoluto permitió la generación de leyes matemáticas de movimiento y gravitación las cuales ofrecían predicciones a ser verificadas por otros científicos, lo que Kuhn definió como enigmas.

C. Fenómenos y campo de aplicación

- El tiempo como una variable independiente.
- Describe y predice los fenómenos gravitacionales.
- Determina de forma más precisa los movimientos de los planetas y sus interacciones mutuas.
- Leyes fundamentales de la teoría del calor interpretadas como leyes estadísticas, generada por la mecánica de Newton.
- Aplicación a sistemas mecánicos complejos.

El concepto del tiempo newtoniano ha tenido un gran desempeño en la investigación científica por más de 342 años, que involucra realizaciones científicas universalmente reconocidas, proporcionando modelos de problemas y soluciones a la comunidad científica. Su logro carece suficientemente de precedentes y es incompleta, para dejar muchos problemas tal como se verificó con la teoría electromagnética y la mecánica relativista. Por cumplir todos estos requisitos podemos garantizar que el tiempo de Newton forma un paradigma a la luz de la epistemología de Tomas Kuhn.

VII. ATRIBUTOS DESLEGITIMADOS DESPUÉS DE UNA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

Referente a la flecha del tiempo, que ya desde la física de Aristóteles tenía un sentido que dependía de los atributos del ser, queda excluido en el tiempo absoluto de Newton, sin embargo, en el año 1686 un poco antes de la publicación de los "Principia" G. W. Leibniz (1646-1716), publica dos obras "De la naturaleza de la verdad" y "Verdades necesarias y contingentes" donde la primera define el principio de la razón suficiente, mientras que en la segunda define el tiempo y su dependencia con los objetos. Expresada de la siguiente forma: "De ahí que en todas las proposiciones en que entran la existencia y el tiempo, entra, por eso mismo, la serie completa de las cosas y, en efecto, el ahora y el aquí no pueden entenderse sino por su relación con los demás" [42]

Para Prigogine [15] tanto Newton como Samuel Clarke (1675-1729) sostenían que es una mera ilusión, si quiera pensar, que el tiempo tiene alguna relación con el ser. Por lo que presentaron ante Leibniz un experimento mental, el cual consiste en invertir simultáneamente las velocidades de las moléculas de un gas, para que este se remontara a su pasado, por lo que esto indicaría que la naturaleza es reversible y no precisa de una flecha del tiempo para asignar atributos especiales al fenómeno. Así que, aunque Leibniz sea

Evolución y desarrollo del paradigma newtoniano del tiempo seducido por el absolutismo de Newton, tampoco dio respuesta satisfactoria al desafío planteado por Newton-Clarke y el famoso experimento del vaso en rotación.

Así Leibniz siendo su principal crítico se fue convirtiendo en uno de los grandes defensores de la visión newtoniana del mundo, donde cada acción produce un movimiento nuevo, un movimiento que no existía antes y que no puede ser entendido a partir de la conservación de la causa y efecto, pero dejando siempre la semilla de la duda sobre el tiempo absoluto, resaltada en su obra "Comentarios a la metafísica de los unitarios de Christoph Stegmann" publicada en 1710, donde expresa: "*El tiempo y el espacio son ciertos órdenes universales de cosas existentes, según los cuales una cosa es anterior o posterior a otra; o bien, más próxima a otra o más alejada de ella. Por lo tanto, no son substancias ni accidentes sino algo ideal pero fundado en la verdad de las cosas*". [42]

Pero Leibniz no fue el único que planteó una idea coherente sobre el tiempo y dejó en duda el tiempo absoluto de Newton. También el filósofo Kant [4] presentó una definición del tiempo como uno de los elementos de la estética trascendental y que se caracteriza por ser un conocimiento a priori puro perteneciendo a los juicios analíticos. Por consiguiente, no es nada más que condiciones de la existencia de las cosas en tanto que son fenómenos, estos tipos de juicios implica que todos los conocimientos posibles de la razón deben limitarse únicamente a los objetos de la experiencia. Es decir "*El Tiempo es una representación necesaria que sirve de base a todas las intuiciones. No se puede suprimir el Tiempo en los fenómenos en general, aunque se puedan separar muy bien estos de él*" [4].

A pesar de que Kant se mantuvo fiel a la lógica de Aristóteles y la geometría euclidiana propuso que el tiempo no era un parámetro como lo defendían los físicos, al contrario de Newton, Kant [4] establece que el tiempo no es un concepto, sino una fuente de conocimiento, forma real de la intuición interna, de donde pueden derivarse a priori diferentes conocimientos sintéticos con una realidad objetiva en relación a la experiencia interna. Es decir, es el modo en como nosotros podemos y logramos representarnos como un objeto, simplificando todas nuestras cualidades en esa entidad abstracta que los matemáticos y filósofos denominan como punto.

La idea del tiempo de Kant no refuta el concepto del tiempo absoluto de Newton, pero después de 79 años de su muerte en 1883 se publican fuertes críticas sobre los conceptos newtonianos, por parte de Ernst Mach (1837-1916) a lo que compete al tiempo absoluto indica que este "*no puede ser medido por ningún movimiento, no tiene pues ningún valor práctico, ni científico; nadie está autorizado a decir que sabe algo de él; no es sino un ocioso concepto metafísico*" [5]. A pesar que no da una verificación experimental, si da respuesta a la pregunta abierta de Newton sobre el experimento del vaso de agua en rotación. Es decir, este experimento nos informa que la rotación relativa del agua con respecto a las paredes del vaso no produce ninguna fuerza centrífuga detectable, pero si queda en evidencia que tales fuerzas son producidas por su rotación relativa con respecto a la masa de la tierra y los otros cuerpos celestes.

A pesar de sus críticas, Mach defiende que la naturaleza se comporta de manera semejante a una máquina.

VIII. CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo la revisión teórica permitió iniciar con una descripción referente a lo que las personas creían, a través de narrativas, proporcionando una base sobre la cual pudo descansar la discusión sobre la conveniencia del cambio y responder el ¿por qué los actores humanos eligieron cambiar un determinado grupo de creencias? Y como este cambio de creencias progresó o evolucionó al paradigma del tiempo newtoniano.

La implementación de los criterios de precisión, coherencia, aplicabilidad y simplicidad al cuerpo de creencias, permite comparar sus factores empíricos registrados en la historia, sin colocar en tela de juicio su contribución actual en la física o ciencias naturales, ya que, una justificativa de hablar o no hablar una determinada idea está fundamentada en su contribución a la teoría sometida a estudio. Permite un modelo para representar la estructura del mismo, como un paradigma, a través de su simplicidad, métodos, fenómenos y campos de aplicación.

Se concluye que no solo existe el concepto newtoniano del tiempo (tiempo absoluto) ya que esto es evidente por su gran desempeño en la investigación científica por más de 342 años, que involucra realizaciones científicas universalmente reconocidas. Sino que, el tiempo absoluto de Newton forma un paradigma a la luz de la epistemología de Thomas Kuhn, porque proporciona a la comunidad científica, la condición necesaria de validez absoluta de las leyes del movimiento, a través de modelos de problemas, métodos, fenómenos, predicciones y soluciones. Que, a pesar de no poder ser explicado efectivamente por Newton o sus colaboradores y críticos, estos últimos se vieron obligados poco a poco aceptar todas las implicaciones metafísicas del paradigma newtoniano del tiempo.

REFERENCIAS

[1] Aristóteles, *Física*, (Gredos, S.A., Barcelona, 1995).
[2] Agustín, *Las Confesiones de N. G. Padre S. Agustín: enteramente conformes a la edición de San Mauro*, (Universidad de Granada, Madrid, 1783).
[3] Galileo, G., *O ensaiador*, em Os Pensadores, 2a Ed., vol. XII, (Abril Cultural, São Paulo, 1978).
[4] Kant, I., *Crítica de la razón pura: texto de las dos ediciones/ [Immanuel Kant], precedida de "La vida de Kant" y de "La historia de los orígenes de la filosofía crítica" de Kuno Fischer*, vol. I, (Alicante 2014), Publicación original: (Gaspar, Madrid, 1883).
[5] Mach, E., *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica. Versión de la séptima edición alemana por el Ing. José Babini*, (Espasa Calpe, Madrid, 1949).
[6] Newton, I., *Philosophiae naturalis principia mathematica. Londini: Jussu Societatis Regiae ac typis Josephi Streater, prostant venales apud Sam. Smith, 4. il., Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 14, No. 4, Dec. 2020*

(Biblioteca Histórica de la Universidad Complutense, Madrid, 1687).
[7] Brennan, R. P., *Gigantes da física: uma história da física moderna através de oito biografias*, (Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1998).
[8] Feyerabend, P., *Contra o método*, 2a Ed., (Unesp, São Paulo, 2011).
[9] Gribbin, J., *Tempo: o profundo mistério do universo*, (Alves F., Rio de Janeiro, 1981).
[10] Heidegger, M., *Ser e tempo*, 10a Ed., (Vozes, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2016).
[11] Heisenberg, W., *Física e filosofia*, 2. Ed., (UnB, Brasília, 1987).
[12] Kuhn, T. S., *The road since structure: philosophical essays, 1970- 1993, with an autobiographical interview, J. Conant e J. Haugeland.*, (The University of Chicago, Chicago, 2000).
[13] Kuhn, T. S., *La estructura de las revoluciones científicas*, (Fondo De Cultura Económica México, Ciudad de México, 2006).
[14] Pérez H., Solbes J., *Una propuesta sobre enseñanza de la relatividad en el bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física.*, Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas **24**, 269-283, (2006).
[15] Prigogine, I., *Entre o tempo e a eternidade*, (Companhia das Letras, São Paulo, 1992).
[16] Prigogine, I., *Interviewee*, CULTURA. [Entrevista]. 28 Enero 1998.
[17] Prigogine, I., *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza (com a colaboração de Isabelle Stengers)*, 2a Ed., (UNESP, São Paulo, 2011).
[18] Hawking, S., *O universo numa casca de noz*, (Saraiva, Rio de Janeiro, 2001).
[19] Whitrow, G. J., *O que é tempo? Uma visão clássica sobre a natureza do tempo*, (Zahar, Rio de Janeiro, 2013).
[20] Whitrow, G. J., *El tiempo en la historia La evolución de nuestro sentido del tiempo y de la perspectiva temporal*, 1a Ed., (Titivillus. ePub base r1.25, 2017).
[21] Beiser, A., *Basic concepts of physics*, 2a Ed., (Addison-Wesley, Massachusetts, 1971).
[22] Eisberg, R., *Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas*, (Campus, Rio de Janeiro, 1979).
[23] Halliday D., Resnick R., Walker J., *Fundamentos de física*, 10a Ed., vol. IV, (LTC, Rio de Janeiro, 2016).
[24] Marcelo A., Edward F., *Física: um curso universitário-Campos e Ondas*, vol. II, (Blucher, São Paulo, 1977).
[25] Serway, R., *Princípios de física: mecânica clássica*, (Cengage, São Paulo, 2004).
[26] Sears F., Zemansky M., Young H., *Física*, vol. IV, (Livros Tecnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1983).
[27] Taylor, E., *Spacetime physics: introduction to special relativity*, Segunda ed., (Freeman, New York, 1992).
[28] Tipler, P. A., *Física para cientistas e engenheiros*, 6a Ed., (LCT, Rio de Janeiro, 2008).
[29] Tipler P. A., Llewellyn R., *Física moderna.*, (LCT, Rio de Janeiro, 2001).
[30] Wolfgang B., Gary W., *Física para universitários:*

óptica e física moderna, (AMGH, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2013).

[31] National Geographic, *La cueva de Lascaux, el mayor museo del arte prehistórico.*, 23 febrero 2018. https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/la-cueva-de-lascaux-el-mayor-museo-del-arte-prehistorico_6471/. consultado el 01 06 2019.

[32] Rivera, A., *La mano del neandertal asoma tras las pinturas más antiguas.*, EL PAÍS, 14 JUN 2012. https://elpais.com/sociedad/2012/06/14/actualidad/1339695041_017850.html. consultado el 01 06 2019.

[33] Price, R., *Bem-vindo ao espaço-tempo*, en *O Futuro do Espaço-Tempo*, (Companhia das Letras, São Paulo, 2005).

[34] Simplicio, *Fragmentos, doxografía e comentários*, en *Os Pré-Socráticos - Vida e Obra.*, (Nova Cultural Ltda. São Paulo, 1983).

[35] Platón, *Timeo*, en *Obras completas de Platón, lengua castellana por primera vez por D. Patricio de*

Evolución y desarrollo del paradigma newtoniano del tiempo Azcárate, socio correspondiente de la Academia de Ciencias Morales y Políticas y de la Academia de la Historia., vol. 6, (Proyecto Filosofía en español, Madrid, 1872).

[36] Aurelio, M., *Meditações*, en *Os Pensadores*, 2a Ed., vol. V, (Abril Cultural, São Paulo, 1978).

[37] Gusmão, C., *Musas e música nos planos epistêmicos da memória na Antiga Grécia*, *Revista Música* **16**, 9-24, (2016).

[38] Caruso F., Santoro A., *Do átomo grego a física das interações fundamentais*, (AIAFEX, Rio de Janeiro, 1994).

[39] Gardelli, D., *Antecedentes históricos ao surgimento do eletromagnetismo*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **35**, 118-137 (2018).

[40] Auffray, J.-P., *O Espaço-Tempo*, (Instituto Piaget, Lisboa, 1998).

[41] Chalmers, A. F., *O que é ciência afinal?* (Brasiliense, Tatuapé, São Paulo, 1993).

[42] Leibniz, G., *Escritos filosóficos*, (CHARCAS, Buenos Aires, 1982).