



**UNIVERSIDAD
PEDAGÓGICA
NACIONAL**

**Descripciones Sobre la Concepción de Tiempo: Un Contraste Sobre las Ideas Clásicas y la
Relación con su Enseñanza**

Julián David Castro Pérez

Línea de Profundización II

La Enseñanza de la Física y la Relación Física Matemática

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá 2025

**Descripciones Sobre la Concepción de Tiempo: Un Contraste Sobre las Ideas Clásicas y la
Relación con su Enseñanza**

Julián David Castro Pérez

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN FÍSICA

Asesora: Sandra Bibiana Ávila Torres

Línea de Profundización II
La Enseñanza de la Física y la Relación Física Matemática

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá 2025

*“En lo más hondo del alma humana
hay algo que siempre anhela verdad”*

— Fiódor Dostoievsky, Diario de un escritor

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a mis gatos, almas silenciosas y consentidas que acompañaron largas noches de desvelo. Moñeco; terrible y cariñoso a la vez, fue la luz que mitigó el cansancio. Mi Gordito; con su ternura y juicio que, como una sombra amable, custodió las noches frente al papel con sus ojos cautivadores y altivos.

En sus miradas encontré la calma que el pensamiento no lograba, y en sus silencios, la compañía más pura. Ellos fueron, sin saberlo, la fuente inagotable de ternura e inspiración que sostuvo mi voluntad cuando el reloj parecía detenerse.

Agradezco a mis padres, cuya paciencia y amor construyeron el refugio donde pudo florecer mi vocación. Les debo la posibilidad de haber caminado este sendero sin el peso de la incertidumbre, sostenido por su esfuerzo constante y por su fe callada en que todo valdría la pena.

A mi hermana; presencia firme y cercana, cuya complicidad fue siempre hogar. En los días de duda o cansancio, su palabra bastó para recordar que no se camina solo.

A las amistades nacidas durante esta travesía, testigos y cómplices del aprendizaje y del error. De manera especial, a aquellos compañeros que el tiempo distinguió demostrando que en la vida universitaria no solo se aprenden teorías, sino, también afectos que perduran más allá de las aulas.

Y, por último, pero con la gratitud más honda, quiero agradecer a mi asesora, quien con su guía, paciencia y rigor dio forma a lo que en un principio solo era intuición.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	8
Problemática.....	9
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	16
Antecedentes	16
Metodología	20
Marco Pedagógico.....	21
CAPÍTULO 1: PRIMERAS CONCEPCIONES DE TIEMPO: DE LA ABSTRACCIÓN AL REALISMO EN FÍSICA	23
1.1 ¿Qué es el tiempo? Una Introducción a su Misterio	23
1.2 Los Orígenes, en las Primeras Civilizaciones y las Semillas del Tiempo.....	23
1.3 La Antigua Grecia y Algunas Reflexiones Filosóficas Sobre el Tiempo	25
1.4 Etapa Posterior a los griegos, La Edad Media y el Tiempo Bajo la Influencia Espiritual ..	29
1.5 Santo Tomás de Aquino y su Propuesta de 2 Diferentes Tiempos	32
1.6 El Renacimiento y un poco más allá	33
1.7 Descartes con la Distinción entre Duratio y Tempus	35
1.8 La Entrada de Spinoza al Juego	38
1.9 Ambigüedades en la Temporalidad Cartesiana Según Spinoza.....	40
1.10 La Temporalidad Según Spinoza.....	42
1.11 Isaac Barrow y su Tiempo Cuasi - Absoluto	43
1.12 Estado del Concepto de Tiempo Previo a Newton.....	45
CAPÍTULO 2: EL TIEMPO EN LA MECÁNICA CLÁSICA	47
2.1 La Concepción del Tiempo de Newton.....	47
2.2 La Concepción del Tiempo de Leibniz	51
2.3 Influencias Previas	60
2.4 Influencias Previas en Newton.....	60
2.5 Influencias Previas en Leibniz	63
2.6 Comparación Entre las Concepciones Temporales: Newton Vs Leibniz.....	63
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIONES DE TIEMPO PARA LLEVAR AL AULA, ANÁLISIS COMPARATIVO	68
3.1 Actividad de Sensibilización: Juego de Roles Sobre el Misterio del Tiempo.....	69

3.2 Actividad de Representación Gráfica: Explorando las Concepciones de Tiempo Mediante Situaciones y Diagramas Comparativos.....	74
3.3 Reflexiones Finales	77
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80

Lista de Tablas

Tabla 1 Cuadro comparativo sobre la concepción temporal según Newton y Leibniz.....	64
Tabla 2 Cuadro comparativo sobre la concepción temporal en relación con algunas situaciones físicas según Newton y Leibniz	65
Tabla 3 Tabla para registrar resultados de la fase de investigación	73
Tabla 4 Situación 1	77

Lista de Figuras

Figura 1 Clepsidra de Ctesibio.....	24
Figura 2 Ctesibio de Alejandría	24
Figura 3 Anaximandro	26
Figura 4 Heráclito de Elea	26
Figura 5 Parménides de Elea	27
Figura 6 Zenón de Elea.....	27
Figura 7 Platón.....	28
Figura 8 Aristóteles.....	28
Figura 9 Plotino	30
Figura 10 Orígenes de Alejandría	30
Figura 11 San Agustín de Hipona	31
Figura 12 Boecio.....	31
Figura 13 Santo Tomás de Aquino.....	32
Figura 14 Galileo Galilei	33
Figura 15 Reloj de Arena.....	34
Figura 16 Reloj de Fuego.....	34
Figura 17 René Descartes	35
Figura 18 Baruch Spinoza.....	38
Figura 19 Isaac Barrow.....	44

Figura 20 Sir Isaac Newton	47
Figura 21 Gottfried Leibniz	51
Figura 22 Diagrama: Situación 1	76

INTRODUCCIÓN

Para Aristóteles, el tiempo era el cambio de la posición, para Agustín; un misterio del alma, para Newton; algo absoluto. Y para ti, lector, ¿Qué es el tiempo?

Sin duda alguna, la temporalidad hace parte de la vida de manera significativa y práctica, desde cumplir horarios, fijar la hora de la cena o ubicarse en el espacio, hasta incluso proyectarse como una especie de visualización hacia el futuro, pues con frecuencia suele pensarse: “en tanto tiempo, estaré en tal parte”. El tiempo resulta impregnando cada momento y cada aspecto de la vida cotidiana y se ha convertido en parte fundamental de la organización social del mundo. Pero entonces, ¿Se es realmente consciente de su significado, o se deja transcurrir sin cuestionarlo?, ¿Se está pensando de manera profunda o se reduce a una noción funcional sin mayor énfasis?

La pregunta por el tiempo, lejos de ser un asunto trivial, ha atormentado y conmovido a grandes pensadores a lo largo de la historia. Cada época ha dejado su huella en la manera de pensarlo, algunas veces como fenómeno físico, otras como experiencia íntima, e incluso como un misterio inaccesible. El recorrido histórico muestra que la concepción de tiempo no es unívoca ni estable, sino que depende de los marcos conceptuales y culturales que la sostienen. Comprender cómo se ha configurado esta idea permite no solo rastrear el cambio del pensamiento científico, sino también abrir espacios para cuestionar la forma en que hoy se enseña la física y se transmite su trasfondo filosófico e histórico.

Bajo esta situación, se propuso para el desarrollo del presente trabajo de grado, con el fin de plantear una visión sobre la *concepción del tiempo* en un período de la historia de la ciencia occidental que atraviesa por varias épocas y poder así utilizar esta información como elemento que fortalezca en las clases de física, iniciar con el planteamiento de las inquietudes en la problemática, la cual abre paso a pensar la pertinencia de este trabajo. A continuación, se realizó la organización de la información consultada y los antecedentes que tienen una estrecha relación con los propósitos para la enseñanza. Además, de los objetivos que resultan siendo la base de la presente investigación y se exponen los antecedentes que sirven como base y sustento para conocer si alguien se ha preguntado o ha identificado la misma problemática, además de advertir qué se sabe hasta el momento, qué se ha hecho, qué no se ha hecho y desde dónde empezar.

En el presente documento se establece primero la contextualización de la problemática a partir de: Problemática, antecedentes, objetivos y metodología. Luego se da paso al primer capítulo donde se realiza una comparación documental y sistemática centrada en las formulaciones de los pensadores previos a Newton sobre la concepción temporal, desde algunos de los primeros usos en la historia, pasando por pensadores del período Helenístico, luego por algunas posturas en el Medioevo y se avanza hasta la Modernidad llegando hasta un gran

mentor; Isaac Barrow, quien influenciaría fuertemente el pensamiento de Newton, de esta forma se establece el estado del tiempo previo a los dos grandes pensadores del siglo XVII que se trabajan en el siguiente capítulo.

Siguiendo el hilo, en el segundo capítulo: se establece un contraste entre las concepciones temporales de Isaac Newton, Gottfried Leibniz y posteriormente se incluye cómo algunos pensadores previos que hayan reflexionado sobre el tiempo con atención a los contextos que favorecieron sus posturas y escritos de primera mano, así como influencias previas, ya sean directas o indirectas. El objetivo no fue producir una historia exhaustiva, sino una comparación focalizada y operativa que permitiera clarificar por qué las diferencias entre tiempo absoluto, relativo y relacional son relevantes para la comprensión científica del concepto de tiempo en los cursos de la población planteada en la problemática, además de que permitiera identificar qué contexto intelectual, social, teológico y, sobre todo, cultural, facilitó cada postura.

Para finalizar el trabajo, en el tercer capítulo se busca vincular de manera explícita la comparación realizada entre las concepciones del tiempo con criterios aplicables a la enseñanza de la física. El propósito es realizar representaciones didácticas que puedan dejar a un lado la visión reduccionista con la que suele abordarse este concepto en la enseñanza de la física en los primeros cursos del pregrado de la Licenciatura en Física. Para ello, se deja la propuesta de situaciones puntuales en las cuales se exhibe el pensamiento y la concepción temporal de cada uno de los autores abordados en este documento a través de la gamificación y los resultados se traducirán en diagramas que condensan la información de la investigación con el fin de proponer una herramienta que pueda ser utilizada por quien se encuentre interesado y sea un apoyo didáctico. De esta manera, se pretende pasar de una simple reivindicación de la historia de la ciencia en el aula o de la simple utilización simbólica y operacional del tiempo a la construcción de herramientas concretas que favorezcan la reflexión docente y promuevan un aprendizaje profundo en el pensamiento.

Problemática

El tiempo es un misterio que no cabe en una ecuación y es uno de esos temas que a nadie deja indiferente. Desde siempre ha sido una especie de rompecabezas que filósofos, científicos y cualquier persona que se haya detenido a pensar sobre él, ha tratado de explicar o comprender. Es incluso interesante imaginarse a los antiguos griegos, sentados bajo un olivo con ideas alrededor de este concepto, como Aristóteles que en su *Física* (siglo IV a.C.) dice que: *"El tiempo es el número del movimiento según lo anterior y lo posterior, no podemos percibir el tiempo en sí mismo; caemos en la cuenta del paso del tiempo sólo porque percibimos el cambio o*

movimiento" (Van Fraassen, 1978, pág. 24) y luego cómo se construye una concepción en la que los físicos de hoy muestran sus teorías del espacio-tiempo, es un notable cambio ¿no?

Sin embargo, es común encontrar que, al enfrentarse a una clase de física, ya sea en la secundaria o en los primeros cursos de la universidad en programas como el de la Licenciatura en Física, este misterio se esfuma. De repente, el tiempo pasa a ser una "t" en una ecuación, un número que se obtiene en la calculadora y ya. El obviar algunos términos en la enseñanza de la física se vuelve una característica de la era actual, donde la fragmentación del saber y la demanda de resultados rápidos obstaculizan la asimilación de ideas complejas. Esto se puede ver en análisis recientes en filosofía sobre cómo los modelos curriculares heredados de períodos anteriores resultan insuficientes para responder a realidades marcadas por la volatilidad y la ambigüedad de las generaciones actuales, las cuales exigen estrategias didácticas que fusionen análisis crítico e integración interdisciplinaria (Gonzalo, Vincent, & Miriam, 2017) Esto, en el contexto del tiempo muestra que no solo se pierde lo fascinante del asunto, sino que los estudiantes se quedan sin entender cómo las ideas sobre el tiempo han ido cambiando con el pasar de la historia humana.

En ese caso resulta apropiado preguntarse ¿por qué pasa esto en la enseñanza? Al parecer, en el afán de enseñar las bases de la física, en parte por las exigencias del currículo, se deja de lado una de las partes más sustanciosas como lo son las preguntas profundas y los debates que han dado forma a lo que se conoce hasta el día de hoy. Al plantearse, por qué persiste esta brecha en la enseñanza de la física, es necesario reconocer que las causas son diversas y algunas se entrelazan con dinámicas educativas ampliamente estudiadas. Desde la década de 1970, pensadores como Paulo Freire ya alertaban sobre modelos pedagógicos que transforman el conocimiento en "*depósitos de información*", metafóricamente hablando, es decir, el docente arroja datos a la mente del estudiante y se toma eso como una educación, vaciando los conceptos de su contexto histórico y debates fundacionales.

Esto en lugar de invitar a los estudiantes a cuestionar cómo se construyó la idea del tiempo, en muchos currículos se reduce a una fórmula, una variable o una simple letra, perpetuando como Freire lo señaló en su libro "*Pedagogía del Oprimido*": *la educación bancaria reduce el conocimiento a una mera acumulación de datos, ignorando su dimensión crítica* (Freire, 1968 - 2005) Pero, ya que se está revisando lo referente al currículo, y estableciendo que el presente trabajo de grado se enfoca atender a problemáticas dadas en la población universitaria de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), conviene revisar qué es lo que sucede con la forma de enseñar en los primeros cursos de física de la Licenciatura.

Los estudiantes en los primeros cursos no tienden a reflexionar sobre estas cuestiones, se hace hasta cuando en algunas materias se les invita o se trabaja directamente, pero esas materias

son para semestres intermedios o avanzados y no es sólo un aspecto de la universidad, también tiene que ver que en los niveles de educación media (puesto que de allí vienen para entrar a la universidad y no hay mayor diferencia entre un muchacho de 11 a uno de primer semestre), puede ser donde se hacen evidentes estos vacíos y se ponen de manifiesto en los primeros cursos de la carrera de Licenciatura en Física, por ejemplo, al revisar el *syllabus* de los primeros cursos de la Licenciatura (los 3 primeros semestres específicamente), materia por materia, aparece una sola mención sobre el tiempo en el curso de Mecánica 1 (sobre Cinemática) y se plantea en el curso de la siguiente manera: “*El movimiento: Tiempo, evento y simultaneidad*” Lo cual sugiere abordar el tiempo como una magnitud operacional en su uso más inmediato para medir ciertos eventos abordados, para relacionar y comparar cambios de posición. De la manera que se plantea, se puede interpretar que en el curso el tiempo se concibe como un concepto matemático en las ecuaciones de movimiento, se observa que el tiempo se reduce a un parámetro matemático e implica que su enseñanza quede en un plano logarítmico (Universidad Pedagógica Nacional, s.f.).

Por otro lado, si se realiza una búsqueda en retroceso desde donde llegan los estudiantes (bachillerato, grado undécimo) y se realiza una búsqueda en los estándares básicos de aprendizaje de Colombia, el tiempo ni siquiera se menciona (MEN, 2006).

Además, en la educación media suele utilizarse como material de apoyo algunos libros de texto como lo son: *Hipertexto* (Ballen & Suárez, 2011), *Santillana* (Aguayo, Nova, & Mijic, 2011), e *Investiguemos* (Ramírez & Villegas, 1989) libros que, al revisar en interés del trabajo, limitan el tratamiento del tiempo a una letra como magnitud utilizada para medir la duración de eventos o situaciones, no se evidencia una indagación profunda sobre los conceptos que llevan a la idea de tiempo o por qué se trabaja a partir de una variable, lo que crea una laguna en la comprensión científica de los estudiantes de este concepto al tratarlo como una simple t . Esta falta de profundidad limita que los estudiantes entiendan cómo la percepción diaria del tiempo, y cómo eventos que hacen parte de su cotidianidad, como en el envejecimiento que es un ejemplo vívido y que, a su vez, conecta con principios físicos que explican su experiencia.

Esta tendencia no es exclusiva de las ciencias naturales, pues, por ejemplo, Carl Wieman (1951 – Presente) Premio Nobel de Física en 2001, advierte que la enseñanza basada en algoritmos margina la comprensión epistemológica de la ciencia y ha criticado en repetidas ocasiones cómo la enseñanza prioriza algoritmos sobre la comprensión profunda. Esto se expresa en un estudio donde Wieman argumentó que, al omitir la historia de los conceptos, se priva a los estudiantes de entender la ciencia como un proceso vivo, lleno de controversias y replanteamientos (Wieman, 2017). Una postura similar sostiene Derek Hodson, experto en la enseñanza de las ciencias y retirado de la Universidad de Auckland, quien advierte que sin

contextualizar las ideas, en este caso como ocurre con el tiempo, los alumnos perciben la física como un conjunto de reglas abstractas, no como una forma de interpretar el mundo, lo que genera que “*sientan*” la física como lejana o extraña, algo aparte del mundo, de su mundo, de su día a día y puede ser causa de desinterés, dado que al no verse compatible con su experiencia de vida alrededor de los fenómenos naturales, ¿para qué deberían aprenderlo? (Hodson, 2009).

El problema, sin embargo, trasciende a las aulas pues como Gonzalo Jover, Vincent González y Miriam Prieto explican en su obra "*Una Filosofía de la Educación en el siglo XXI*" donde identifican que los sistemas educativos arrastran estructuras del siglo XIX, diseñadas para una sociedad industrial que ya no existe hoy, en un mundo marcado por lo que Bauman definió como modernidad líquida (donde lo efímero y lo inmediato dominan, el famoso Scrollleo), Este desfase se hace más evidente y da lugar a interrogantes como: ¿cómo esperar que los jóvenes valoren debates centenarios sobre el tiempo, si el modelo curricular les ha habituado a buscar respuestas rápidas, privilegiando soluciones únicas en lugar de la indagación y la reflexión en torno a las preguntas? (Gonzalo, Vincent, & Miriam, 2017).

Una de las raíces del asunto, como bien señaló John Dewey (1859 – 1952) hace casi un siglo, reside en confundir eficiencia con calidad educativa. Esto se ve cuando los planes de estudio sacrifican la reflexión filosófica en aras de cubrir contenidos, pues no solo empobrecen el aprendizaje, sino que niegan a los estudiantes la oportunidad de pensar como científicos; cuestionando, conectando ideas y reconociendo que hasta lo más establecido puede replantearse o reorganizarse (Dewey, 1938/2004).

En la presente investigación se pretende recorrer una parte de esa historia alrededor de la constante reconstrucción del concepto de tiempo en física, desde las ideas y concepciones primigenias hasta discusiones entre Newton y Leibniz para ver cómo este recorrido permite construir una idea de tiempo que complementa lo que se encuentra en las ecuaciones. Al llevar esta perspectiva al aula la intención no es desestimar el rigor matemático, sino ofrecerle una mayor coherencia entre lo conceptual y lo formal, pues el tiempo no es solo un número en un reloj, también es un constructo conceptual fundamental que articula la comprensión de fenómenos físicos, que ha sido objeto de debate y discusión durante siglos, y que, al estudiarlo desde sus tensiones históricas, se puede entender como un puente entre su practicidad, el cálculo y la experiencia humana.

También conviene hablar sobre ¿Por qué es relevante esta perspectiva en una monografía con metodología cualitativa y de carácter documental - comparativo? Una razón es que al analizar las capas del tiempo y al comparar, por ejemplo, la postura de Newton (tiempo como un "*absoluto*") con la de Leibniz (tiempo como la "*relación entre eventos*") no solo se contrastan las concepciones, sino que se evidencia cómo cada una es un reflejo de su época: la certeza

newtoniana del siglo XVII frente a la búsqueda Leibniziana de conexiones en un mundo interrelacionado. Esto muestra que la ciencia es también un producto cultural, un espejo de cómo el ser humano se ha enfrentado a sus propias preguntas existenciales desde sus entornos y situaciones coetáneas. Newton y Leibniz ofrecen dos formas de ver el reloj del universo como lo metaforiza Stephen Hawking (1942 – 2018) en su escrito *“La Historia del Tiempo”*, que hace alusión al tiempo de Newton. Estos dos gigantes de la ciencia en el siglo XVII no podían estar más en desacuerdo sobre qué se puede concebir como tiempo. Por un lado, se tiene a Isaac Newton, que en su gran obra *“Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica”* de 1687 (o denominado comúnmente como *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*) quien decía que el tiempo es algo absoluto, pues para él, era como un reloj cósmico gigante, uno que tic-tac-tic-tac sigue marcando el mismo ritmo en todo el universo, sin importar si el objeto en movimiento o el observador se encuentran en la Tierra, en Marte o en medio de la nada, incluso no hay cierto observador u objeto, sigue fluyendo uniformemente. El tiempo, según Newton, no depende de lo que pase, o como él mismo lo definió: *“Tempus absolutum, verum et mathematicum, in se et natura sua sine relatione ad externum quodvis, aequabiliter fluit”* en su idioma original o bien *“El tiempo absoluto, verdadero y matemático, fluye uniformemente por sí mismo y por su naturaleza, sin relación con algo externo”* (Newton, 1687/1982).

Y desde otra perspectiva se tiene a Gottfried Leibniz, que no estaba nada convencido de esa idea propuesta por el inglés. Esto se evidencia en su correspondencia con Samuel Clarke (Leibniz & Clarke, 1717/s.f.) y en textos como: *“Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano”* escrito por Leibniz en 1765, donde pone un alto a la descripción de Newton planteando que no tiene sentido, pues para Leibniz el tiempo no es algo que esté ahí por sí solo, flotando como un ente misterioso, no, el tiempo surge de las cosas que pasan, de cómo un evento sigue a otro. Es como si dijera: *“Sin eventos, sin relaciones entre ellos, no hay tiempo”*, o, en palabras de Van Fraassen: *“El tiempo es el orden de las cosas no-contemporáneas [...] los estados determinantes se llaman, por definición, anteriores a los estados determinados.* Esta es una visión relacional, donde el tiempo es más bien un orden que se pone a lo que se ve suceder (Van Fraassen, 1978).

Estas dos posturas parecen polos opuestos, ¿verdad? Uno con la idea de un reloj universal y el otro estableciendo que todo depende de cómo se conectan los eventos, pero lo interesante es que las dos surgen en paralelo y abrieron la puerta a grandes discusiones sobre qué es el tiempo y cómo se entiende desde sus proposiciones durante siglos posteriores.

El problema es que, si se hojea un libro de física de secundaria o se asiste a una clase en la universidad en los primeros cursos de la licenciatura, rara vez se le presta relevancia al tiempo, pues éste queda en una simple magnitud, algo que se introduce en una ecuación sin preguntarse

qué significa realmente, y eso es una lástima, porque perderse este debate es como saltarse el prólogo de un buen libro o la intro de una buena serie.

Ahora bien, ¿Qué pasa en las clases de física de hoy? Aquí es donde el asunto se vuelve complicado. Pues la enseñanza tradicional de la física está más enfocada en que los estudiantes resuelvan problemas y se aprendan las fórmulas de memoria, que en invitarlos a pensar profundamente o reflexionar acerca de los conceptos fundamentales en la física como lo es el tiempo. Es como si ofrecieran un manual de instrucciones sin explicar por qué las cosas funcionan así. Y el tiempo es una de las víctimas principales de ese enfoque porque nadie en las clases pregunta: “Oye, ¿por qué crees que el tiempo siempre va hacia adelante?, ¿lo habías pensado antes?” Esas discusiones conceptuales, que podrían encender una chispa en los estudiantes, brillan... Pero por su ausencia al mecanizar la enseñanza para fines prácticos e inmediatos omitiendo los grandes contenidos fundacionales en la historia, además de sus concepciones propuestas (Arons, 1996).

Yves Chevallard (1946 – Presente) también lo veía claro, se puede realizar una transposición didáctica, una adaptación de los temas dependiendo la población, claro, pero pasa que los programas educativos simplifican tanto las ideas que terminan perdiendo su magia y el encanto. Por ejemplo, el tiempo pasa de ser un concepto rico, lleno de debates entre personajes renombrados en la física y en la filosofía e incluso desde antes, con Aristóteles y compañía, a ser solo un número en una ecuación. Y así, los estudiantes no reflexionan cómo esas diferentes visiones que se han propuesto acerca del tiempo han ido construyendo lo que se concibe colectivamente en la actualidad, es como hacerle un spoiler a alguien sobre su anime favorito o contar el final de una película sin las partes emocionantes del medio (Chevallard, 1985/1991).

Esto no es un detalle menor y tiene un impacto real, dado que entre las consecuencias de que esto se dé, surge el concepto de tiempo como una entidad estática en el aula. Ahora es pertinente hablar de posibles razones por las que se aborda de esa manera en las clases, por ejemplo, Louis Trivizol y Silvia Figueirôa señalan que muchos profesores evitan meterse en temas profundos como el tiempo o la irreversibilidad debido a su complejidad, pues algunos docentes piensan que los alumnos no están listos para esas ideas, otros no saben cómo enseñarlas sin que suene a conferencia aburrida y el resultado es que los estudiantes terminan viendo el tiempo como una variable o una letra más, la famosa “ t ”, algo a poner en la fórmula y listo, sin conectar con el mundo real ¿Cómo se relaciona con que el café se enfríe o con el hecho de que no se puede volver al pasado? Ese tema no se menciona (Trivizol & Figueirôa, 2024).

Además, al no comparar las concepciones del tiempo, se pierde una oportunidad de oro para mostrar cómo la ciencia no es algo estático o definitivo, sino que crece, se equivoca y se

corrige o se complementa con el pasar de los años, de allí poderse imaginar lo que sería una clase donde se cuente cómo lo veían el tiempo algunos de los grandes pensadores llevando las discusiones a otro nivel con casos más modernos, eso sería como ver una serie de ciencia en Netflix, pero en el aula. En cambio, lo que se tiene es una versión simple que no le hace justicia al tema tan interesante.

¿Qué hacer? hay que devolverle la vida al tiempo. El tiempo no es solo una “ t ” en una ecuación, es un misterio que ha intrigado a la humanidad desde tiempos inmemorables, un concepto que ha cambiado con cada nueva idea, con cada época, desde el flujo de Heráclito hasta el espacio-tiempo de Einstein y aún más allá con teorías posteriores. Pero en las clases de física, se queda atrapado en un enfoque que lo reduce a algo mecánico y aburrido, pues si se quiere que los estudiantes se interesen de verdad en la física, y no solo que pasen el examen, hay que traer de vuelta esas discusiones, así el tiempo dejará de ser una letra muerta y volverá a ser lo que es, una de las grandes preguntas de la existencia.

En este contexto surge la pregunta problema que guía la presente investigación:

¿Cómo generar una estrategia para la enseñanza del concepto de tiempo desde el estudio de las concepciones en mecánica clásica y autores previos, que permita su introducción en cursos iniciales de pregrado?

Esta pregunta no solo se va por las implicaciones teóricas, sino que también tiene un alto impacto pedagógico, pues al buscar analizar cómo estas diferentes concepciones del tiempo se pueden proponer en estrategias que ayuden a los estudiantes a comprender este concepto de manera más profunda y crítica, que algo se entienda y también pueda incitar a los docentes de física a que se fomente una posible reflexión sobre conceptos tan importantes que subyacen dentro de las áreas de la física. Pues el tiempo resulta tan básico como importante en la física en general, siendo un concepto transversal que se encuentra en todas las áreas de esta disciplina, desde la mecánica clásica hasta la mecánica cuántica, incluso pasando por áreas donde no es tan evidente como lo es en la termodinámica, pues allí generalmente no está el tiempo en las ecuaciones básicas, pero actúa de manera implícita a través de los procesos.

Reconocer la problemática y la pregunta que resulta guiando el presente trabajo abre paso para poder plantear los ejes fundamentales que direccionan la proyección y el desarrollo de la investigación, que son los presentes objetivos:

Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de las concepciones clásicas del tiempo según Newton, Leibniz y sus predecesores, para generar una estrategia de enseñanza de la concepción de tiempo

en cursos iniciales de pregrado de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

Objetivos Específicos

- Indagar sobre las descripciones de tiempo dadas por algunos pensadores previos al siglo XVII y las consecuencias que tienen en las teorías posteriores en la física clásica, como elementos que muestren el cambio de las ideas que sientan un precedente para la mecánica clásica.
- Revisar las descripciones de tiempo dadas por Newton y Leibniz, para establecer las conexiones y diferencias.
- Establecer una comparación entre las nociones de tiempo previas a Newton y las clásicas (Newton y Leibniz) como análisis del cambio conceptual entre estas a fin de proponer orientaciones que contribuyan a su enseñanza y reflexión inicial en cursos de pregrado de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

Antecedentes

Como se mencionó en la problemática, el estudio del tiempo en la enseñanza de la física ocupa un lugar menor en los programas y materiales escolares, pues con frecuencia aparece reducido a un mero parámetro en ecuaciones, sin que se haga explícita alguna parte de su compleja historia conceptual ni las distintas respuestas que la filosofía y la física han ofrecido a lo largo del tiempo. Los antecedentes revisados (trabajos de grado y artículos de carácter historiográfico, filosófico y didáctico) coinciden en señalar esta reducción y coinciden también en reclamar una enseñanza más reflexiva y profunda que incorpore el trasfondo histórico y filosófico de nociones como lo es el tiempo, un concepto base en la física.

En conjunto, los trabajos revisados trazan tres líneas temáticas recurrentes que sirven de marco para la presente monografía: la primera, es un repaso histórico de concepciones previas sobre el tiempo (ej. Aristóteles) que muestran cómo el tiempo fue pensado antes del surgimiento de la física clásica, la segunda; sobre el tratamiento de la controversia clásica entre tiempo absoluto (la concepción de la mecánica newtoniana), el tiempo relativo (también concepción ofrecida por Newton) y tiempo relacional (la postura asociada a Leibniz) y la tercera; es la preocupación didáctica por recuperar esa pluralidad conceptual en el aula para evitar explicaciones reduccionistas. Estos ejes confirman la pertinencia de abordar el tema desde una perspectiva que articule historia, filosofía y didáctica en la enseñanza de la física. A continuación, se presentan, en orden, los seis trabajos que constituyen los antecedentes de esta investigación. Para cada uno se ofrece una ficha bibliográfica con una breve descripción en

cuanto a los intereses y el objeto de estudio, como las ideas relevantes para este proyecto, además de las limitaciones detectadas y los aportes específicos que serán recuperados en el marco teórico y metodológico de la monografía presente.

Antecedente 1: "El aprendizaje por proyectos, una propuesta para la comprensión de la relación entre el Espacio y el Tiempo"

Este trabajo de grado propone una estrategia didáctica basada en el Aprendizaje por Proyectos para comprender la relación entre espacio y tiempo en estudiantes de grado 3 de primaria. Su objeto es favorecer el pensamiento científico mediante un prototipo ("teatrino de bielas"), mostrando que conceptos como tiempo suelen enseñarse de manera trivial. Además, señala la importancia de incorporar fuentes históricas como lo son las de (Newton, Leibniz, Kant) y reflexiones pedagógicas, aunque no se profundiza en la comparación entre Newton y Leibniz ni en sus fuentes primarias. Aporta la idea de que el tiempo debe problematizarse en la enseñanza. Este antecedente es pertinente para la monografía presente debido a que coincide en que la enseñanza del tiempo suele reducirse y propone abordarlo según su población específica propuesta de una manera poco convencional pues radica en aportar un ejemplo operativo de intervención educativa y materiales aplicables para la enseñanza del binomio espacio-tiempo desde una manera interesante como creativa (Camacho, 2018).

Antecedente 2: "Noción del Espacio y Tiempo en Estudiantes de Grado Sexto"

Este trabajo de grado reconstruye históricamente sobre las nociones de espacio-tiempo en la física desde Aristóteles hasta la física moderna para estudiantes de grado 6 de secundaria. Tiene como objeto el análisis histórico-filosófico del tiempo, su pertinencia está en proporcionar un marco historiográfico amplio que organiza las distintas definiciones y rupturas conceptuales. Sus vacíos están en el poco detalle en Newton–Leibniz y en la ausencia de estrategias didácticas concretas. Aunque también aporta criterios comparativos entre conceptos como el movimiento, absoluto y relacional, también se aborda con clases indirectas sobre una reflexión sobre el tiempo como lo son: Máquinas del tiempo y formas de medir el tiempo, estrategias que motivan a los estudiantes. (Rivas, 2018).

Antecedente 3: "El Tiempo desde una Perspectiva de la Física Clásica en Relación con la Energía y sus Transformaciones"

Este trabajo de grado explora el concepto de tiempo en física en relación con la energía y sus transformaciones con interés en la enseñanza. Realiza una revisión crítica del concepto de tiempo desde la física, en el capítulo 1 problematiza sobre la concepción del tiempo entre estudiantes de preparatoria y universidad (en termodinámica y relatividad) y sobre la

direccionalidad del tiempo en física clásica. En el capítulo 2 se analiza la relación entre tiempo y movimiento y a su vez, la relación con la energía desde una perspectiva real y no desde la percepción del individuo y en el capítulo 3 se menciona sobre el funcionamiento de artefactos para medir el tiempo y relacionar con la energía. Es pertinente porque aborda la problemática sobre la poca profundidad y reflexión que se realiza sobre el tiempo y lo trabaja en relación con la energía que resulta ser algo poco usual como funcional, pues toma un ejemplo contundente como lo es la energía (Quintero, 2023).

Antecedente 4: "La Enseñanza del Tiempo y la Historia en la Educación Infantil"

Este trabajo de grado es pertinente porque analiza de forma didáctica sobre cómo se trata el tiempo en la escuela (sobre educación infantil) además, revisa concepciones históricas y propone principios pedagógicos para su enseñanza, aporta diagnósticos sobre errores comunes en materiales y recomendaciones generales de intervención educativa. Se realiza un estado del arte y rastreo bibliográfico sobre la enseñanza de la historia y el tiempo en la educación infantil, se toman en cuenta también las aproximaciones que hacen los niños y sobre las políticas que orientan el campo de conocimiento. Se propone un análisis de las comprensiones temporales en los niños desde 3 perspectivas; 1, Experiencias. 2, Según algunos autores sobre la percepción del tiempo en primera infancia. 3, Sobre objetos históricos como la imagen y la fotografía. Lo que sorprende de este trabajo de grado es su manejo sobre algunas de las concepciones físicas del tiempo, pues se encuentra algunas afirmaciones algo cuestionables como que el tiempo no existe sin experiencia o que el tiempo es una interrelación entre pasado, presente y futuro, si bien son concepciones de algunos autores, tomar estas proposiciones como afirmaciones generales carece de fundamento como de contexto, además de tampoco utilizar fuentes primarias que argumenten estas declaraciones (Triana, 2018).

Antecedente 5: "La Noción de Tiempo: Caracterización y Construcción del instrumento y su Unidad de Medida "

Este trabajo de grado consiste en la caracterización y construcción del instrumento y la unidad de medida de la noción de tiempo y que los estudiantes a través de la experiencia sensible puedan llegar a construir su concepto de tiempo como la unidad de medida, esto nace porque se evidencia que el tiempo se reduce a un instrumento de medida evidenciado en la enseñanza de la física. Se hace un esbozo demasiado general sobre el concepto de tiempo a nivel histórico y se pone de manifiesto el tiempo según la experiencia percibida por los niños. Algo que cabe destacar es que se toma el concepto con carácter leibziano como el orden de los procesos. Una vez más es pertinente porque se aborda la una manera de enseñar el concepto de tiempo y

problematiza el cómo se enseña en las clases, pues de allí nace la presente propuesta (Romero E. S., 2020).

Antecedente 6: "Reflexiones Sobre el Tiempo en la Física"

Este artículo, como su nombre lo indica, reflexiona sobre el tiempo en física y lo hace desde Aristóteles hasta Einstein, insistiendo en que la enseñanza lo ha reducido a un parámetro. Reafirma la centralidad del debate Newton–Leibniz, revisa concepciones previas (Aristóteles, Agustín) y destaca la importancia de contextualizar cada postura filosófica. Además, se toma en cuenta el tiempo desde diferentes disciplinas o áreas de la física, como lo es desde la Física Cuántica, desde la Relatividad, desde la Termodinámica, desde la Física Clásica e incluso lo aborda desde la Geología y la Biología. Aunque identifica la relevancia didáctica del tiempo, no ofrece estrategias metodológicas ni representaciones visuales, tal vez porque no es el objeto del artículo, pero lo que sí deja de manifiesto es la importancia de su reflexión y lo poco que se aborda en la enseñanza de la física (Castillo J. C., 2011).

No obstante, los antecedentes analizados presentan algunos vacíos que permiten la intervención propuesta en esta tesis. Entre las limitaciones más frecuentes se encuentra la amplitud en el recorrido que sacrifica la profundidad en la confrontación Newton–Leibniz, el escaso uso directo de fuentes primarias (cartas, fragmentos de los Principia, textos leibnizianos), y la ausencia de una comparación sistemática que vincule concepción de contexto histórico e intelectual. Del mismo modo, aunque varios trabajos subrayan la necesidad de recursos pedagógicos, pocos ofrecen representaciones visuales (diagramas comparativos) que permitan a estudiantes y docentes visualizar las diferencias ontológicas y epistemológicas entre las diferentes concepciones del tiempo. Además, se deja de lado una parte realmente fundamental en la historia del pensamiento, planteamiento y reflexión de diversas concepciones temporales, como las de los antiguos griegos, pilares del conocimiento. Pues por lo general suele mencionarse a Aristóteles como el primero en proponer una postura conceptual frente al tiempo, pero se deja de lado varios planteamientos sobre algunos otros filósofos que resultan de bastante interés y se considera necesario su reconocimiento, pues como bien lo plantea Reichenbach (1891 – 1953) en *"el sentido del tiempo"*:

"Lo que introdujo a los filósofos a poner en duda la realidad del tiempo es el hecho de que algunos acontecimientos futuros indeseables -especialmente, la muerte- sean previsible. ¿Por qué no suponer que el futuro se encuentra tan determinado como el pasado? [...] Los filósofos antiguos nos ofrecen muchas ilustraciones de este punto de vista. La idea del determinismo causal fue desarrollada en la antigüedad" (Reichenbach, 1956/1959).

Por tal motivo, resulta pertinente la mención de aquellos que ayudaron a articular las concepciones mayormente comentadas. Partiendo de estos hallazgos, la presente monografía propone cubrir algunos de los vacíos expuestos. Los antecedentes presentados anteriormente ayudan como una guía sentando un precedente y diversos enfoques que han sido explorados y se pueden utilizar para este trabajo de grado. Algo que destaca al ser el factor común de todos ellos es lo que exhiben sus problemáticas, pues todos (incluido este) coinciden en que el tiempo en la enseñanza de la física es reducido y encuentran imperativo profundizar y reflexionar más acerca del concepto. Otra cosa en la que se coincide en los antecedentes es que no se encuentra algún recuento histórico sobre concepciones antiguas sobre el concepto, pues por lo general se mencionan las descripciones de Aristóteles, de Newton y en algunos, de Leibniz. Pero no se mencionan anteriores a ellos y como se estableció anteriormente, es necesario conocer esas influencias previas, pero allí no se abordan algunas épocas antiguas y de hecho son bastante interesantes y pertinentes, pues como se verá desarrollado en el capítulo 1, algunas de las concepciones antiguas servirán como guía e influencia para autores posteriores más destacados.

Metodología

En el presente trabajo investigativo se sigue una metodología cualitativa de carácter documental – comparativa porque el desarrollo se centró en realizar herramientas para la enseñanza de la física con base en contrastaciones de la concepción temporal, a través de varias épocas en la humanidad con información histórica que es constantemente comparada entre ellas sobre cada concepción abordada. Se realizó una rigurosa búsqueda de bibliografía tanto de fuentes primarias (para Newton y Leibniz) como de fuentes secundarias: para todas las demás concepciones que se encuentran en el documento, pues son de las que se pudo lograr encontrar información hasta las ideas newtonianas, es decir, las concepciones previas al genio inglés. Las fuentes secundarias encontradas son de índole historiográficas y didácticas y en general se seleccionaron por su relevancia e impacto histórico y pedagógico.

El procedimiento que se aborda desde un inicio es la delimitación del tema para poder realizar las preguntas que terminan guiando el trabajo al identificar cierta problemática que fue previamente planteada, seguido de su justificación con respecto a la pertinencia y relevancia de realizar el trabajo para luego proponer los ejes de la investigación que consisten en el objetivo general y los objetivos específicos. Una vez se proyectó el trabajo, se procedió a realizar una búsqueda contextualizada sobre la situación de la problemática, es decir, buscar antecedentes para poder conocer qué se sabe y qué no se sabe, para así poder proponer una ruta sobre lo que se ha hecho y poder trabajar sobre los vacíos encontrados durante la revisión que se expusieron en la parte de los antecedentes. En este punto, el papel del tiempo en la física es tan básico (en

orden de importancia) que suele obviarse y a través de la lectura y el análisis se encontraron algunos vacíos como sobre la contextualización temporal previa a los autores planteados, quienes sirvieron como influencia directa pero que suelen omitirse y no se abordan por lo general, entonces, al identificar esos vacíos puede procederse a trabajarlos como parte importante de la historia de la ciencia y de las ideas posteriores, además de compartir la problemática con los antecedentes previamente abordados sobre la carencia en la reflexión y profundización conceptual del tiempo.

Una vez se seleccionó la bibliografía, se realizó un bosquejo de la estructura del trabajo a realizar (es la estructura que lleva este documento) para así poder organizar el material a analizar. Así pues, luego de organizar el material, se procede a leer meticulosamente, además de una cuidadosa toma de apuntes e interpretaciones y finalmente, se desarrolla el documento de forma escritural.

El desarrollo del documento está bajo 3 enfoques importantes (se exponen seguidamente) pero también bajo un sistema de recontextualización de saberes, debido a que en el tercer capítulo se tiene un enfoque didáctico y epistemológico donde se supera la mera descripción de contenidos. De esta manera, se considera pertinente mencionar este sistema abordado que se toma como una “*actividad constructiva y dialógica*” cuyo fin es la organización conceptual considerando problemas o situaciones, construyendo así un proceso que puede concebirse como una herramienta para lograr una conexión entre un saber pedagógico y un saber disciplinar, pues al abordar el tiempo tanto simbólica como conceptualmente, se aleja del reduccionismo y puede resultar un poco más completo al momento de enseñar. Por estos motivos, el capítulo 3 debe ser tanto riguroso como reflexivo, adoptando un enfoque histórico y crítico a través de la metodología documental – comparativa, haciendo de la escritura y planteamiento un poco más temático; enfocado en identificar y categorizar las concepciones temporales (Ayala, 1992).

Marco Pedagógico

Resulta imperativo realizar el trazo de un marco pedagógico que oriente cómo trasladar un concepto tan complejo como lo es el tiempo, con sus raíces históricas y filosóficas, al aula de formación docente. Para ello se consideran vitales los siguientes enfoques: La transposición didáctica, la teoría del cambio conceptual y la incorporación de la historia y la filosofía de las ciencias. Estos marcos permiten vincular concepciones históricas del tiempo (Newton, Leibniz y autores previos) con la propuesta de enseñanza que se propone con detalle en el tercer capítulo. Los enfoques son pertinentes de la siguiente manera:

Enfoque 1: Este enfoque implica pasar de un conocimiento científico con una carga teórica amplia a un ambiente escolar, es decir, más digerible, con esto se puede utilizar la información con cualquier nivel de complejidad y para cualquier población (una vez se realice la adaptación correspondiente). Es pertinente porque la concepción temporal de distintas formas y de algunas propuestas puede resultar altamente compleja y contraintuitiva, por lo cual, los diagramas mismos, resultan siendo una adaptación y condensación de la información de una manera más visual y tal vez más digerible con respecto al grado de rigurosidad de algunas posturas sobre el tiempo.

Enfoque 2: Aquí puede interpretarse que, al momento de analizar las concepciones planteadas, algunas más “potentes” que otras, al presentar tales niveles de pensamiento contraintuitivo, pueden generar una confusión al compararlas. La idea es encontrar, entre tantas, una explicación plausible o que pueda resultar más familiar para quien las lea. Por ejemplo, al presentar el tiempo de Newton como un “*flujo universal*” sin más detalles y luego ver el tiempo de Leibniz “*como orden de sucesiones*” puede generar un contraste con la idea previa y así tener más herramientas o interpretaciones que puedan abrir camino a una mayor reflexión y tal vez, una mejor comprensión, pues al conocer más sobre el tema, tener en cuenta lo planteado por diversas corrientes o pensadores puede tenerse más material que aporte a su entendimiento.

Enfoque 3: La historia de las ciencias puede resultar muy eficiente a la hora de enseñar física, pues proponer situaciones puntuales en la historia que han sido trabajadas filosóficamente pueden llegar a una investigación más profunda, esto podría abordarse al presentar algún episodio de la historia, tal como el debate histórico en la correspondencia entre Leibniz y Clarke, donde se exponen distintas concepciones de tiempo, de espacio, de teología y demás ideas que convivieron durante un intervalo de la historia, demostrando que, incluso en la misma época, pueden subsistir posturas diferentes sobre el mismo concepto y que no hay afirmaciones definitivas, se exhibe una recontextualización que surge dependiendo las culturas y las influencias en los eruditos abordados.

A través de estos enfoques y con relación sobre la recontextualización de saberes, lo que se busca es apoyarse en visiones ya planteadas sobre la pedagogía para una vez teniendo la información pertinente, pueda realizarse una propuesta oportuna que pueda ser sostenida desde los diversos enfoques que si bien, no se exhiben de una manera muy evidente, actúan de forma implícita y se tienen bastante en cuenta durante la obtención de la información que contiene la propuesta didáctica desarrollada en el capítulo 3.

CAPÍTULO 1: PRIMERAS CONCEPCIONES DE TIEMPO: DE LA ABSTRACCIÓN AL REALISMO EN FÍSICA

Para proponer una estrategia de enseñanza de la física donde se profundice y reflexione sobre el tiempo, debe hacerse primero la tarea del estudio pertinente y de manera rigurosa, por tal motivo, es conveniente realizar un análisis histórico sobre las concepciones que se han propuesto acerca del tiempo, desde hace muchos años donde se gestaron las primeras ideas, pues resulta bastante pertinente examinar primeras ideas como el flujo temporal asociado a Heráclito, el ser atemporal por parte de Parménides, e incluso es relevante estudiar por qué se empezó a reflexionar sobre el tiempo ¿Cómo, este concepto tan fascinante logró persuadir a los pensadores tan destacados de la antigua Grecia? La idea del primer capítulo es realizar un estudio histórico sobre varios pensadores y sus concepciones temporales con el fin de conocer los primeros pasos sobre el análisis del tiempo y poder extraer representaciones que puedan ser de utilidad para construir la propuesta pedagógica que más adelante, en el capítulo III y con la información recolectada de los capítulos I y II, será desarrollada.

1.1 ¿Qué es el tiempo? Una Introducción a su Misterio

Basta con imaginar que el tiempo es un ente invisible que serpentea en las vidas, arrastrando los recuerdos, a veces se aquieta, invitando a la contemplación, pero nunca se puede capturar con la mirada, solo se percibe su paso en los cambios que deja tras de sí actuando incluso encada etapa, cada vida, cada época y cada persona. Desde los albores de la reflexión humana, este misterio ha intrigado a las mentes más perspicaces, preguntándose si el tiempo es un compañero tangible que avanza al lado, de la mano o una sombra moldeada por la propia conciencia, sobre si está afuera o dentro de la mente de quien lo piensa. En este escrito, se emprende un recorrido cronológico a través de los siglos, explorando cómo las ideas sobre el tiempo, antes de que Newton las moldeara en el siglo XVII, se gestaron desde las costas griegas hasta los talleres renacentistas.

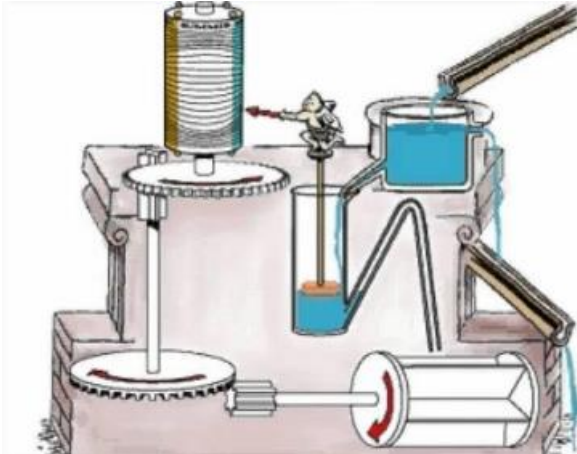
1.2 Los Orígenes, en las Primeras Civilizaciones y las Semillas del Tiempo

Se inicia el viaje con algunas de las primeras civilizaciones, como los egipcios, sumerios y babilonios, quienes, al observar la naturaleza, encontraron en sus ritmos el primer modo de medir el tiempo. Se dice que los antepasados ajustaron su vida a los ciclos del Sol y la Luna, aprendiendo a guiarse por estos patrones naturales para su subsistencia. Los egipcios marcaron un hito al dividir *"el día y la noche en períodos de doce unidades por primera vez en la historia"* A su vez, los babilonios organizaron el año lunisolar en meses de 29 o 30 días, comenzando tras

la cosecha. De las primeras civilizaciones se puede rescatar el notable uso del tiempo a través de ciclos para aumentar la practicidad en su vida cotidiana, pues se convirtió en el medio que de alguna manera los guiaba y servía de acuerdo con sus necesidades, desde las más primitivas (como las cosechas), es como si el tiempo se hubiera convertido en un compañero silencioso que junto con el cielo terminan haciendo parte del día a día (Kroemer & López-Otín, 2020).

Figura 1

Clepsidra de Ctesibio



Nota. La imagen muestra la clepsidra de agua, o reloj de agua elaborada por Ctesibio alrededor del año 250 a. C. Tomado de (Adriana Tub, 2015).

Figura 2

Ctesibio de Alejandría



Nota. La imagen muestra a Ctesibio de Alejandría. Tomado de (Los editores de la Enciclopedia Británica, s.f).

A continuación, estas culturas desarrollaron herramientas para capturar ese paso. Los egipcios crearon relojes de sol, descritos como "*instrumentos que constaban de una pequeña barra horizontal, en uno de cuyos extremos se incorporaba una estructura en forma de T que proyectaba la sombra solar sobre las marcas talladas en la barra*" También usaron clepsidras, definidas como "*cualquier instrumento destinado a contar el paso del tiempo mediante el empleo del flujo controlado de un líquido desde o hacia un recipiente graduado*". Aquí destaca la Clepsidra construida por Ctesibio (285 a. C.–222 a. C) que crea uno de los primeros sistemas artificiales capaces de conseguir una autorregulación con el fin de medir el tiempo con una mayor precisión. Su invento consiste en una clepsidra, en la que el agua, goteando a un ritmo constante y regular, elevaba un flotador que sostenía una aguja para marcar el paso de las horas con gran precisión. Estas invenciones permitieron a la humanidad dar pasos firmes hacia una medición más precisa, pues las clepsidras son como los primeros relojes que hoy día guían el

funcionamiento del mundo y la convención social, también es un gran paso el ser capaces de crear instrumentos tan elaborados y precisos que funcionaban para ir alejándose poco a poco de la mera observación o la guía únicamente del movimiento de los astros incluso en épocas donde los materiales y las herramientas no eran tan susceptibles (Kroemer & López-Otín, 2020).

1.3 La Antigua Grecia y Algunas Reflexiones Filosóficas Sobre el Tiempo

Luego de la etapa de las primeras civilizaciones, el análisis avanza hacia la Antigua Grecia, un escenario de debates donde las ideas sobre el tiempo cobraron profundidad filosófica y algunas atribuciones religiosas hicieron que se sentaran precedentes sobre la reflexión conceptual, pues en esta época el tiempo dejaba de ser meramente funcional y se empezó a reflexionar, convirtiéndolo en un concepto interpretado desde varias perspectivas que sirvieron como los primeros pasos a un juicio de mayor profundidad.

Así pues, se empieza esta etapa con Anaximandro (610 a.C. - 546 a.C.), uno de los primeros en escribir sobre el cosmos. Para él, el tiempo, no era solo un reloj, era como un juez que mantiene el equilibrio del mundo o del universo, más bien, de la existencia. Para imaginarlo, se puede pensar una situación como la siguiente: Se puede representar en un mercado donde todo debe cuadrar al final del día, el tiempo, para Anaximandro, es quien cobra las deudas del mercado, asegurando que nada se salga del orden como un juez regulador del tiempo, tal como en las películas o en las animaciones aparecen "*los guardianes del tiempo*" algo así podría imaginar Anaximandro. Esta idea, aunque mítica, ya pone el tiempo como algo que ordena el desconcierto y se hace una clara mención sobre una de las primeras concepciones (Sorabji, 1983).

Luego, emerge una perspectiva atribuida al filósofo Heráclito de Éfeso (535 a. C -480 a. C) el tipo que veía el mundo como un cambio constante y permanente e incierto devenir. Su frase más famosa: "*No puedes bañarte dos veces en el mismo río*" que se puede interpretar con el "*todo fluye*" donde podría decirse que, para Heráclito, el tiempo no es una cosa sólida, sino el movimiento mismo del cambio. La filosofía de Heráclito, resumida en que todas las cosas fluyen tenía muy presente la idea del devenir como la esencia de la vida misma (Reichenbach, 1959). Para él, el sentido estaba en el cambio, claro, aquí nacen nuevas paradojas más complicadas que la de si el río es el mismo después de bañarse en él, podría decirse que sí, que quienes cambian son las aguas. Ahora bien, esa misma analogía en el devenir del ser humano sería demasiado compleja, ¿En verdad las personas cambian?, ¿Si cambia el aspecto físico cambia algo más allá? Son cuestionamientos que surgen de la filosofía de Heráclito, uno de los primeros en tomar el tiempo como un flujo (Bernabé, 2008)

Figura 3

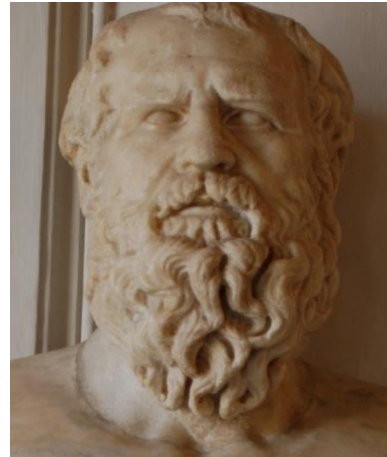
Anaximandro



Nota. La imagen muestra a *Anaximandro*.
Tomado de (Wikipedia, 2006)

Figura 4

Heráclito de Elea



Nota. La imagen muestra una escultura del presunto busto de *Heráclito de Elea* que se halla en la «Sala dei filosofi» de los museos Capitolinos de Roma. Tomado de (Wikipedia, 2011) CC BY-SA 4.0.

Por otro lado, Parménides de Elea (530/515 a. C - Siglo V a. C) desafía la anterior concepción sobre el constante cambio, sugiriendo que el tiempo y el cambio son ilusiones y los asocia con el devenir, pues para él, creer en el devenir era como creer en algo que nace de la nada y le parecía completamente ilógico, eran más bien trampas de los sentidos que pretendían alejar la verdad. El presente y el futuro no existen como separados para Parménides, todo es un solo instante eterno. Curioso, ¿no? Mientras Heráclito veía el mundo como un río, Parménides lo veía como una estatua, pues para él, solo existía el ahora, eterno e inmutable, seguido de otro ahora eterno e inmutable pero que no se relacionan entre sí. Se afirma que lo que existe de verdad no admite un "fue" ni un "será", sino que "es ahora, todo junto", un bloque eterno donde cada momento es único e inmóvil. Parménides en su poema *Sobre la Naturaleza*, declara que la realidad es "*uno, inmóvil, no generado, indestructible*" (Bernabé, 2008).

Este tipo de discusiones, de concepciones contrarias dan lugar a una emergente variedad de ideas y propuestas para lo que es este concepto tan interesante. Además, como menciona Reichenbach sobre Parménides en "*el sentido del tiempo*":

Parménides nos dice que la realidad superior del ente no llega a ser y no deja de ser: 'Es ingénito y es imperecedero, de la raza de los "todo y solo", imperturbable e infinito; ni fue

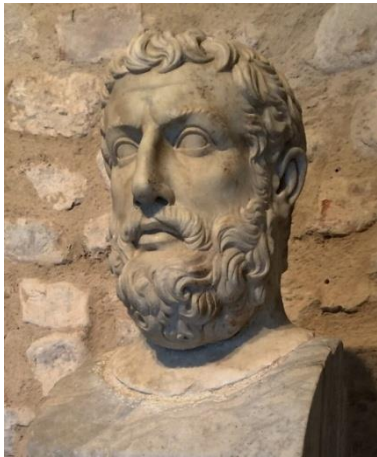
ni será que de vez es ahora todo, uno y continuo' [...] Para Parménides, el devenir no existe; el tiempo es una ilusión (Reichenbach, 1959).

La concepción de Parménides da pie a algunas paradojas como las elaboradas por Zenón de Elea (c.490-430 a. C.) quien, en su afán de argumentar los pensamientos de su maestro (Parménides) sobre el tiempo y así imposibilitar la idea del movimiento y encajando en un lugar importante dentro de la lógica, termina proponiendo una concepción del tiempo fuera de lo objetivo y la experiencia que se tiene del mismo. En palabras de Reichenbach:

En una de las paradojas Zenón sostiene que, si el movimiento consiste en viajar de un punto a otro, entonces una flecha disparada no puede moverse exactamente en un punto. Pero, entonces, ¿Cómo puede llegar al punto siguiente? ¿Salta a través de un intervalo atemporal? Es obvio que no. Por consiguiente, el movimiento es imposible (Reichenbach, 1959).

Figura 5

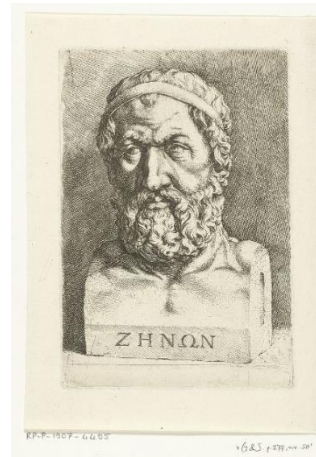
Parménides de Elea



Nota. La imagen muestra una escultura del busto de *Parménides de Elea* descubierto en Velia. Tomado de (Wikipedia, 2024) CC BY-SA 4.0.

Figura 6

Zenón de Elea



Nota. La imagen muestra a *Zenón de Elea*. Tomado de (Wikipedia, 2019) CC0.

A continuación, Platón (387 a. C.-347 a. C.) el discípulo de Sócrates que lleva el concepto del tiempo a un plano casi místico. La concepción de Platón se describe como una "*imagen móvil de la eternidad*", creada junto con los cielos para imitar las formas, lo entiende como entidades que existen fuera del tiempo, sin envejecer ni rejuvenecer (Bernabé, 2008)

Aunque dejando en claro que con "*eternidad*" no se refiere a un tiempo infinito, sino que denota una realidad no gobernada por el flujo del tiempo (Reichenbach, 1959).

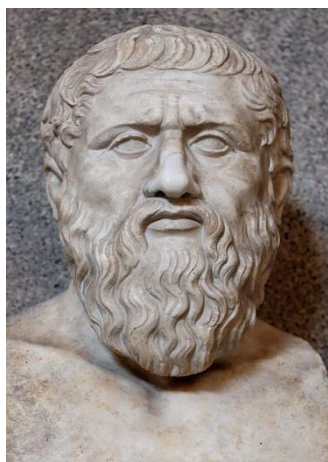
Para Platón, el tiempo es un diseño divino, como un reloj cósmico creado por el Demiurgo donde, las estrellas y planetas, con sus órbitas perfectas, son las agujas de este reloj. Pero, ojo, Platón no dice que el tiempo sea el movimiento mismo. Es más bien un reflejo de algo eterno, como una película que imita la realidad. "*Platón identificaba el tiempo con el movimiento, y en especial, con la rotación de las esferas celestes*", especialmente la rotación de los cuerpos cósmicos, como un reflejo de la eternidad, concepción, la cual recibe una crítica de Aristóteles:

Aristóteles se le opuso por diversos motivos. Primero, un cambio o movimiento tiene una ubicación en el espacio, de la que carece el tiempo. Segundo, el movimiento es rápido o lento, pero no hay ningún sentido literal en el que se pueda decir que el tiempo es rápido o lento (Van Fraassen, 1978).

También añadiendo lo que decía Reichenbach sobre la temporalidad de Platón:

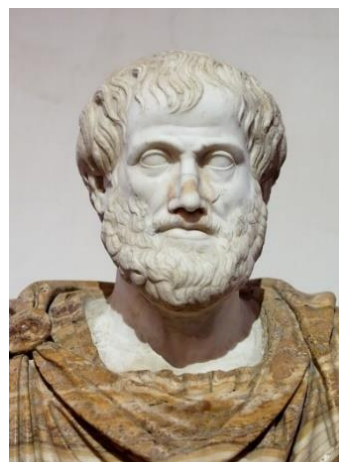
Platón explica que 'el tiempo es la imagen móvil de la eternidad'. [...] Los acontecimientos en el tiempo son, en el mejor de los casos, una forma inferior de realidad (Reichenbach, 1959).

Figura 7
Platón



Nota. La imagen muestra el busto de *Platón* del siglo IV a. C. Copia romana de un original griego. Tomado de (Wikipedia, 2006).

Figura 8
Aristóteles



Nota. La imagen muestra la escultura del busto de *Aristóteles* ubicado en Roma, Palazzo Altemps. Tomado de (Wikipedia, 2006).

Asimismo, Aristóteles (384 a. C – 322 a. C) ofrece una perspectiva más práctica, definiendo el tiempo como sigue: *"El tiempo no es ni idéntico al movimiento ni totalmente independiente de él [...] es el número del movimiento según lo anterior y lo posterior"* (Van Fraassen, 1978, pág. 24) Se subraya que *"el tiempo es simplemente una forma de medir cómo cambian las cosas"*, una entidad abstracta útil porque el mundo se mueve y todo lo que contiene está sometido a una constante transformación. Esta idea, aunque ligada al movimiento, sugiere que lo eterno, como las estrellas, escapa a esa medición, haciendo del tiempo algo que se encuentra en los procesos que es generado por el movimiento de los cuerpos mostrando un carácter relacional que anticipa reflexiones futuras. Aristóteles tuvo gran acogida sobre sus ideas y propuestas filosóficas, pues la idea del tiempo fue adoptada durante casi dos milenios y fuertemente discutida muchos siglos más tarde. Sí, había muchas más concepciones y reflexiones, pero ninguna tan influyente como la de Aristóteles y por eso es tan comentada en los recuentos históricos, de hecho, hay algunos que afirman que la primera idea concreta sobre el tiempo fue la de él (Kroemer & López-Otín, 2020).

1.4 Etapa Posterior a los griegos, La Edad Media y el Tiempo Bajo la Influencia Espiritual

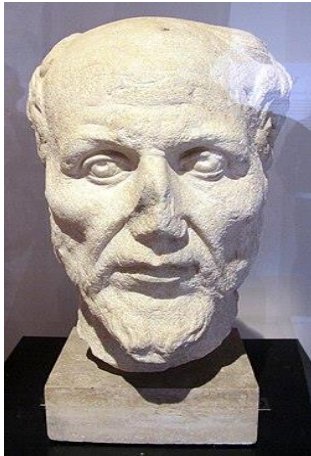
Para finalizar esta fase puede mencionarse la concepción de Plotino (205 d. C-270 d. C) quien, re imagina la eternidad como atemporal, insistiendo en que no tiene "antes" ni "después" ni se extiende como el tiempo, sino que es "todo junto", despojando al "siempre" de su sentido temporal. Este pensamiento demasiado estrecho y similar junto con la concepción de Parménides, marca un hito e invita a pensar en un tiempo más allá de lo mensurable. Pues la idea de una vida atemporal tiene una implicación de constante cambio, a cada momento se tiene un único momento atemporal e incluso se puede pensar sin momentos, algo fuera de lo medible, fuera del tiempo, algo completamente difícil de imaginar pero que puede resultar como una influencia, pues algunos siglos más tarde se tiene la creencia de la no existencia del tiempo e incluso el tiempo como ilusión. Entonces, ¿Una inexistencia del tiempo podría interpretarse como una vida atemporal? Son cuestionamientos de bastante interés para invitar a reflexionar sobre la constante redefinición de las concepciones desde épocas antiguas hasta la época actual (Sorabji, 1983).

En esta etapa resulta pertinente hablar también sobre Orígenes de Alejandría (184 d. C – 253 d. C) quien, influido por Plotino, distingue sentidos no temporales para "siempre" y "era" aplicándolos a la Trinidad para trascender el tiempo humano. Esta idea sugiere un anhelo de eternidad que trasciende lo cotidiano. Una concepción más arraigada al misticismo e influenciada por el miedo a la muerte, esta debido a su situación en la cual recibió una sentencia

de muerte durante la persecución del emperador Decio en el año 250, aun cuando la sentencia no se cumplió por la muerte del emperador, de igual manera fueron pensamientos que tuvo debido a la situación en la que se encontraba (Bernabé, 2008).

Figura 9

Plotino



Nota. La imagen muestra una escultura que representa el posible busto de *Plotino* en el Museo Archeologico Ostiense. Tomado de (Wikipedia, 2014) CC BY 3.0.

Figura 10

Orígenes de Alejandría



Nota. La imagen muestra una representación de *Orígenes* escribiendo, desde un manuscrito de *In numeros homilia XXVII* (c. 1160). Tomado de (Wikipedia, 2012).

A continuación, en este período se puede mencionar la concepción que, en sus Confesiones hace San Agustín de Hipona (354 - 430):

¿Qué es, pues, el tiempo? Si nadie me lo pregunta, lo sé; pero si quiero explicarlo a quien me lo pregunta, no lo sé. Cuando mido el tiempo, estoy midiendo algo en el presente de mi mente. O el tiempo es eso, o no sé qué es (Rovelli, 2017).

¿No es esto una maravilla? Agustín dice que el tiempo no está “ahí fuera” como un objeto, sino que vive dentro de cada persona. El pasado es memoria, el futuro es expectativa, y el presente es atención. Esta introspección, tan distinta del enfoque práctico de Aristóteles y místico de otros pensadores previos, añade una capa de intimidad al debate poniendo de manifiesto la concepción del tiempo emergente de la conciencia humana, resulta interesante el inicio de pensar el tiempo como interior, que está dentro de la mente o directamente dentro de cada individuo y no allá fuera, en los fenómenos o en el movimiento de los objetos, tampoco en el movimiento de los astros que marcaban el paso tanto de las primeras civilizaciones como de las ideas más allá

de la luna concedidos por Aristóteles o sobre las ideas de Platón con el movimiento de los objetos celestes como imitación de una eternidad.

Figura 11

San Agustín de Hipona



Nota. La imagen presenta a *San Agustín* como obispo. Tomado de (Wikipedia, 2019).

Figura 12

Boecio



Nota. La imagen muestra a *Boecio*. Tomado de (Wikipedia, 2008).

Seguido, se tiene a Boecio o Anicio Manlio Torcuato Severino Boecio (480 d. C -525 d. C) mientras esperaba su ejecución, escribió sus reflexiones que tienen por nombre: “*La consolidación de la física*” (escrito alrededor del año 524 d. C.) donde defiende la eternidad como la “*posesión completa y total de una vida interminable*” un estado donde pasado, presente y futuro se abarcan en un “*todo junto*”, diferenciándola de la perpetuidad del mundo. Esta distinción y situación reflejaba un deseo de escapar al flujo terrenal, al igual que Orígenes, influido por el miedo y la incertidumbre de su devenir debido a una sentencia a muerte que recibe por traición, luego de ser torturado en Pavía. Para él, Dios no está atrapado en la corriente del tiempo como los humanos, él lo contempla todo a la vez. Boecio toma la idea platónica de la eternidad y la viste con ropaje cristiano (Sorabji, 1983).

Para cerrar, puede mencionarse un caso fascinante que lo ofrece Cenn Fáelad mac Aillila, fallecido en 679, fue un poeta irlandés que, tras recibir una herida durante la batalla de Magh Rath en 637, “nunca más olvidó nada hasta su muerte”, percibiendo el tiempo como un presente continuo y conocido (Kroemer & López-Otín, 2020).

Concluyendo la etapa de las mediciones atribuidas a los egipcios, las ideas griegas y un poco más, el análisis se adentra en la Edad Media, donde las ideas helenísticas se entrelazaron con la teología cristiana, tiñendo al tiempo con un matiz espiritual y divino que resonó en los monasterios y catedrales. En primer lugar, se propone una visión introspectiva que lleva el

tiempo al interior del ser humano, definiéndolo como una experiencia íntima frente a una eternidad divina que lo abarca todo. Esta interioridad depende de la memoria, un registro que distingue los momentos vividos (Reichenbach, 1959).

1.5 Santo Tomás de Aquino y su Propuesta de 2 Diferentes Tiempos

Figura 13

Santo Tomás de Aquino



Nota. La imagen presenta una pintura de *Santo Tomás de Aquino*, hecha por Carlos Crivelli en 1476 y que está ubicada en la Galería Nacional de Londres. Tomado de (Wikipedia, 2025).

En un período donde la fe y la razón se cruzaban y donde Santo Tomás de Aquino (1224 - 1274) un faro intelectual, iluminó las reflexiones sobre el tiempo con una perspectiva profundamente teológica donde, en su concepción, el tiempo se percibe como un accidente del movimiento, un eco de la definición aristotélica que lo considera el "*número del movimiento según lo anterior y lo posterior*" pero adaptado al marco cristiano, pues allí pertenecía su contexto, en el lugar y período donde la religión tenía bastante peso socialmente. Para Santo Tomás, el tiempo no existe por sí mismo, sino que depende de los eventos naturales y de la creación divina, un orden que Dios establece (un reflejo de su ambiente y devoción). De cierta manera concede el punto de Aristóteles de que no se puede concebir un instante sin pensar en el tiempo anterior a él, pero argumenta que "*esto no implica que hay tiempo antes del instante en cuestión, es decir, rechaza el paso de 'no podemos sino pensar así' a 'ha de ser así' el tiempo puede existir sólo en la imaginación*" (Van Fraassen, 1978, pág. 29).

Por otro lado, Santo Tomás distingue entre el tiempo y la eternidad, asignándole a esta última un carácter trascendental en un plano lejos de ser terrenal. La eternidad, en su concepción, es la posesión total y simultánea de una vida perfecta, un estado que pertenece solo a Dios,

mientras que el tiempo es sucesivo y mutable, propio de las criaturas. Esto da paso a su propuesta sobre dos diferentes tiempos, como el real y el imaginario, el primero se refiere a los eventos, es el tiempo de las personas, de los individuos, donde todo ocurre y el imaginario es el tiempo de la mente, de cierta manera puede pensarse el primero como mortal y propio de la humanidad y el segundo como el tiempo de Dios. Esta distinción de Aquino entre tiempo real e imaginario se presenta como una solución para reconciliar la teoría de Aristóteles con la necesidad teológica de un mundo creado en el contexto de su época. Esta discusión conecta la filosofía aristotélica con el escolasticismo medieval, destacando las tensiones entre filosofía y teología. O en palabras de Van Fraassen (1941 – presente): "*Santo Tomás [...] resolvió el problema introduciendo la distinción entre tiempo real y tiempo imaginario*" (Van Fraassen, 1978, pág. 30).

1.6 El Renacimiento y un poco más allá

Figura 14

Galileo Galilei



Nota. La imagen muestra una representación de *Galileo* por Justus Sustermans en 1636. Tomado de (Wikipedia, 2008).

En esta etapa, se vincula el tiempo al cambio observable, midiendo experimentos como la caída de objetos asociado a Galileo (1564 – 1642) para el cual, el tiempo deja de ser una cualidad del cambio (como lo planteaba Aristóteles) y pasa a ser una variable cuantificable que puede medirse a través de instrumentos, estableciendo así, escalas de medida de la temporalidad.

Además de ser uno de los primeros pensadores que utilizó el tiempo en cuestiones experimentales con la caída de los objetos y los planos inclinados. Dejaba de ser algo alejado de la realidad en plano ya sea místico o teológico y se convertía en una herramienta funcional para

medir experimentalmente. Este avance refleja la influencia de las leyes causales. Además, el tiempo empieza a tener un carácter práctico, un carácter que, si bien nace de lo filosófico y pasa por lo teológico, termina siendo adoptado para algo más bien práctico como se verá adelante en la filosofía natural (Reichenbach, 1959).

Figura 15

Reloj de Arena



Nota. La imagen muestra un *Reloj de Arena* en un soporte de tres patas.

Tomado de (Wikipedia, 2010) CC BY-SA 3.0.

Figura 16

Reloj de Fuego



Nota. La imagen muestra un *Reloj de Fuego* que está ubicado en el Museo del Reloj en Zacatlán,

Puebla, México. Tomado de (Wikipedia, 2012) CC BY-SA 3.0.

Durante esta era, los relojes de arena se popularizaron, descritos como "*dos recipientes de vidrio, interconectados de manera que fluya un material apropiado como la fina arena o el polvo de mármol desde el receptáculo superior al inferior hasta vaciarse por completo*", convirtiéndose, de hecho, en "*la imagen más icónica del paso del tiempo*". En paralelo, en China y Japón, los relojes de fuego surgieron de "*la idea de iluminar el tiempo asociando su medida a la velocidad de combustión de una vela graduada*", mientras las geishas usaban "*bastones de incienso que ardían durante media hora para calcular los honorarios*" (Kroemer & López-Otín, 2020).

Por otro lado, se concibe el tiempo como un agente transformador, un proceso que moldea como un guiso que madura lentamente, sugiriendo que no solo mide, sino que transforma, esta noción anticipa el devenir en la física clásica.

1.7 Descartes con la Distinción entre Duratio y Tempus

Figura 17

René Descartes



Nota. La imagen presenta un retrato de *René Descartes* según Frans Hals. Tomado de (Wikipedia, 2007).

En primer lugar, René Descartes (1596-1650) plantea una distinción fundamental entre *duratio* y *tempus*, trazando una gran marca en la concepción del tiempo. Por una parte, la *duratio* es la existencia actual de las cosas creadas, un atributo inseparable de las sustancias finitas, que puede interpretarse como los cuerpos o las mentes, que persisten mientras Dios las conserva, en otras palabras, dependen de un constante interferir divino. Por otro lado, el *tempus* no es una realidad externa a la mente, sino más bien es como una forma de pensamiento, una situación en la que la mente percibe la duración, como un modo de pensar que permite concebir una sucesión de situaciones y la duración de las cosas.

Descartes no solo transformó la filosofía y el pensamiento humano con su célebre "*pienso, luego existo*" sino que también dejó un legado perdurable al reflexionar sobre temas interesantes, uno de ellos es el tiempo, un tema que en su época oscilaba entre percepciones intuitivas, concepciones teológicas y tradiciones escolásticas heredadas de la Edad Media y de la antigua Grecia, pues en esta etapa las ideas Aristotélicas seguían teniendo un gran impacto. En primer lugar, resulta fundamental destacar que Descartes aborda la temporalidad con un enfoque que combina su genialidad matemática con una profunda y reflexiva sensibilidad espiritual, proponiendo una distinción entre *duratio* (duración) y *tempus* (tiempo) que desafía las nociones comunes de su época al referir dos concepciones con las cuales comprender la temporalidad. El Doctor en filosofía Guillermo Sibia lo expresa con precisión al señalar que: "*el tiempo no agrega nada a la duración, salvo una forma de pensarla*" Puede notarse que esta separación es profundamente reveladora, ya que no solo refleja el esfuerzo de Descartes por ordenar la experiencia temporal en un sistema racional, sino que también invita a reflexionar sobre cómo

como individuos mismos, en la vida diaria se trata de capturar algo tan esquivo como el tiempo, marcando horas y minutos en un intento de darle sentido a la existencia (Sibilia G. , 2023, pág. 437).

Además, resulta imprescindible profundizar en la doctrina de la creación continua, que es una idea que podría pensarse no solo revolucionaria, sino también profundamente poética en relación con su concepción del tiempo, pues esta idea de Descartes sostiene que las sustancias creadas no persisten por su propia fuerza, sino que cada instante de su existencia es un acto de recreación divina, completamente independiente del momento anterior.

Sibilia subraya esta perspectiva al señalar que: “*el tiempo presente no depende del inmediatamente anterior*” lo que implica una discontinuidad radical en la duración, esta es una visión que puede imaginarse de manera que evoca la imagen de un artesano divino que con una alta paciencia ensarta perlas en un collar, donde cada perla es un instante brillante y completo pero sostenido únicamente por la voluntad de Dios, podría entenderse como discontinuo puesto que la intervención de Dios es quien está sosteniendo la duración, además, esta discontinuidad se aplica tanto a los cuerpos como al pensamiento, ya que la materia, aunque divisible indefinidamente en términos matemáticos, existe solo porque es conservada instante a instante y lo mismo ocurre con la duración que se compone de momentos independientes que no están conectados por un flujo intrínseco, lo cual sugiere que aunque la mente humana está limitada por su naturaleza, aun así percibe un flujo continuo, lo que para Descartes diría que la duración (pensada por el tiempo) es una serie de instantes discretos, una idea que resulta fascinante porque invita a reconsiderar la experiencia cotidiana como una sucesión de milagros renovados e intervenciones del todopoderoso. (Sibilia G. , 2023, pág. 432).

También cabe añadir que Descartes no se limita a una reflexión metafísica sobre el tiempo, sino que también lo aplica al ámbito de la física, claro que en su momento no se conocía directamente como física, sino como filosofía natural, lo que parece un ejemplo extraordinario de su capacidad para conectar lo abstracto con lo práctico, un rasgo que define su pensamiento y lo hace tan influyente. Esto se puede ver al reducir la materia a extensión y el movimiento a un cambio de posición y allí es donde Descartes necesita un parámetro medible para analizar esos desplazamientos, es ahí donde entra el tiempo como una dimensión abstracta que permite cuantificar el cambio. Sibilia lo describe con claridad al afirmar que: “*el tiempo es una dimensión abstracta, no un modo de la existencia misma*” lo que refleja su función como herramienta del pensamiento humano, esta aplicación práctica del tiempo no solo era innovadora en su época, sino que también lo convierte en un precursor de enfoques científicos posteriores que buscan medir y predecir con precisión los fenómenos naturales (Sibilia G. , 2023, pág. 439).

No obstante, el pensamiento de Descartes sobre el tiempo no está exento de ambigüedades, un aspecto que resulta particularmente humano y que añade una capa de complejidad a su obra, por ejemplo, Sibilia identifica una cierta equivocidad en el empleo de los términos '*tiempo*' y '*duración*', sugiriendo que Descartes a veces mezcla ambos conceptos, lo que genera tensiones interpretativas en su sistema.

Asimismo, su tratamiento de la eternidad divina refleja esta ambigüedad, ya que en su correspondencia con Arnauld (1612 – 1694) defiende la simultaneidad de la duración de Dios, que abarca todo sin sucesión, mientras que en su conversación con Burman sugiere que la eternidad divina podría dividirse en partes sucesivas, aunque su naturaleza permanezca inmutable. Esta tensión no es una debilidad, sino una muestra de la complejidad del tema y de la honestidad intelectual de Descartes al intentar reconciliar la tradición escolástica con una perspectiva racional, además, esta ambigüedad parece un reflejo de su humanidad, ya que como cualquier pensador que se enfrenta a preguntas tan profundas no siempre puede ofrecer respuestas definitivas, sino que deja con interrogantes que enriquecen el diálogo filosófico y tal vez sea esta complejidad la que hace que su pensamiento siga siendo objeto de debate y de influencia, como un rompecabezas que invita a los lectores a participar en su resolución, aportando sus propias interpretaciones y perspectivas (Sibilia G. , 2023, pág. 429).

Además, es crucial considerar cómo Descartes se posiciona frente a las tradiciones filosóficas que lo precedieron, un punto que resulta esencial para comprender la originalidad y el contexto de su pensamiento, pues con base en esto Van Fraassen relaciona y argumenta que: "*la teoría del tiempo de los cartesianos estaba muy próxima a la teoría del tiempo de los aristotélicos medievales*" lo que implica que Descartes veía el tiempo como una medida del cambio o duración, alineándose con la definición aristotélica de que el tiempo es "*la medida del cambio*" Sin embargo, Descartes transforma esta idea al enfatizar que el tiempo es un modo de pensar no una realidad independiente, lo que lo distingue de las visiones medievales más rígidas y le da un matiz racionalista que refleja su época es decir, que sí puede entreverse el tiempo a raíz del cambio, pero no dado por el movimiento de los cuerpos, sino por las conexiones realizadas por quien las concibe, por quien observa ese cambio.

Esta conexión con Aristóteles muestra cómo Descartes construye su pensamiento sobre cimientos heredados, pero los renueva con su enfoque y su creencia en un Dios que recrea el mundo en cada instante, una combinación que resulta fascinante por su equilibrio entre tradición e innovación debido a su contexto (Van Fraassen, 1978, pág. 30).

De ahí que las ideas de Descartes no se quedaron en el vacío, sino que influyeron en pensadores posteriores, un aspecto que parece un testimonio de su relevancia y que resulta interesante por lo que implica sobre el poder de las ideas.

Según Moreno, Spinoza reinterpreto estas nociones al considerar que “*cuando se compara la duración de algo con la duración de otra cosa se habla de tiempo, tiempo que presupone el pensamiento humano, mientras que la duración comienza con las cosas creadas y acaba con ellas*” Aunque Spinoza desarrolla su propio sistema, ese análisis realizado muestra cómo el marco cartesiano inspiró nuevas exploraciones, lo que destaca la capacidad de Descartes de sembrar preguntas más allá de su tiempo, probablemente esta capacidad de generar diálogo sea uno de los mayores legados de Descartes, puesto que invita a seguir explorando la relación entre el tiempo y la existencia y es una tarea que sigue siendo relevante incluso hoy en día, en un mundo donde la relación con el tiempo sigue siendo tan compleja y multifacética (Moreno, 2018, págs. 37,38).

La concepción de Descartes sobre la temporalidad es un mosaico de lo divino y lo humano, lo abstracto y lo práctico y su legado está lejos de limitarse a su tiempo, pues al operar no solo en las fronteras de la filosofía, sino también en los campos de otras ciencias dejó una inscripción en las mentes de las personas que seguían reflexionando y resonando hasta los actuales días. Por tanto, la distinción entre duración y tiempo y la imagen de la creación continua han cambiado la imagen del enfoque filosófico y la comprensión de la forma en que el tiempo configura la vida humana.

1.8 La Entrada de Spinoza al Juego

Figura 18

Baruch Spinoza



Nota. La imagen muestra una pintura elaborada por Samuel Hirszenberg (terminada en 1907), representando el rechazo frente al filósofo *Baruch Spinoza* por parte de los judíos en Ámsterdam. Tomado de (Wikipedia, 2016).

Es de suma importancia añadir algunos de los análisis que, influenciado por el trabajo de Descartes realizó Baruch Spinoza (1632 – 1677) en su famoso *“Tratado de la reforma del entendimiento. Principios de filosofía de Descartes. Pensamientos metafísicos”* En el capítulo 4 Spinoza hace una breve propuesta sobre la metafísica general y en específico, sobre la Duración y el Tiempo, pues allí se encuentra una propuesta sobre sus concepciones de estos conceptos donde dice que el ser se divide en ser cuya esencia implica la existencia y en ser cuya esencia sólo implica una existencia posible, allí se deriva la distinción entre el tiempo y la duración:

“Qué es la duración. Por su parte, la duración es el atributo con el que concebimos la existencia de las cosas creadas, en cuanto perseveran en su existencia real. De ahí se sigue que la duración no se distingue, más que por la razón, de la existencia total de una cosa. Ya que cuanto se detrae de la duración de una cosa, se detrae necesariamente también de su existencia. Y para determinar esta última, la comparamos con la duración de otras cosas, que poseen un movimiento cierto y determinado, y esta comparación se llama tiempo”

“Qué es el tiempo. El tiempo no es, pues, una afección de las cosas, sino un simple modo de pensar o, como ya dijimos, un ente de razón; en efecto, es el modo de pensar que sirve para explicar la duración. Acerca de la duración hay que señalar aquí algo de que haremos uso después, cuando hablemos de la eternidad, a saber, que se concibe como mayor o menor y como si constara de partes y que, además, sólo es atributo de la existencia y no de la esencia” (Spinoza, 1988, pág. 243).

Haciendo un análisis de las propuestas de Spinoza sobre la duración y el tiempo, se puede inferir que la duración para Spinoza es el atributo bajo el cual se entiende la existencia de una cierta cosa creada en tanto que permanece en su ser real, concepto estrechamente ligado a la existencia en la medida en que, como él mismo explica, disminuir la duración es lo mismo que disminuir la existencia y estimarla implica compararla con la duración de otra cosa en virtud de un determinado y cierto movimiento, producido así el tiempo que, sin embargo; debido a su naturaleza, duración y existencia, sólo es aplicable a los modos finitos y no a la esencia eterna de la sustancia.

Además, para Spinoza, el tiempo es entonces un modo de pensamiento, una elaboración de la mente que no se refiere a las cosas, sino en cómo explicar la duración como un mayor o menor estimar y divisible en porciones y de ahí que carece de realidad ontológica, debido a que es producto del pensamiento humano cuya función es medir la existencia de los modos finitos y sin vinculación alguna con la esencia o a la experiencia real, pueden entenderse como los procesos medibles o perceptivos que albergan dentro de cada individuo.

La duración guarda una relación con el tiempo, pues éste es una medida de aquélla, de tal forma que tanto el tiempo como la duración son términos referidos a los modos finitos y su existencia en el tiempo, pero una y otra se distinguen en cuanto que la duración es un atributo real de la existencia de las cosas creadas mientras que el tiempo es solamente una abstracción mental, de tal manera que esto último denota la jerarquía ontológica de Spinoza, donde la duración es más real que el tiempo pero ambos son subordinados a la eternidad de la sustancia divina, es decir, Dios. Por otra parte, puede entenderse que el tiempo tanto en Spinoza como en Descartes se refiere a lo mismo, al igual que la duración, solo que, con Spinoza, esta es continua, es la única diferencia notable, pero sobre ello se hablará más adelante.

Para finalizar y aclarar las jerarquías ontológicas que crea Spinoza, se traza una distinción de la estructura de los tres conceptos clave que él emplea para explicar su concepción temporal:

- **Sustancia:** La sustancia para Spinoza se puede entender como lo que existe por sí mismo y se concibe por sí mismo y para el holandés la única sustancia que existe es Dios, pues es infinito, eterno y la causa de su propia existencia, además, se puede mencionar aquí la comparación entre Dios y la sustancia, pues para Spinoza ambas son lo mismo, de ello a que los eventos que suceden en la naturaleza contienen duración y viene dada por Dios o más bien sucede gracias a él y en él.
- **Atributos:** Son las cualidades esenciales e inherentes por las que se puede entender la sustancia, y hay dos atributos que los humanos perciben: Extensión (lo corporal) y Pensamiento (lo mental). Atributos bastante similares a lo que eran las sustancias para Descartes, la *res cogitans* (mente) y la *res extensa* (el cuerpo).
- **Modos:** Los modos son las manifestaciones particulares y finitas de los atributos de la sustancia. Para entender mejor se puede explicar un ejemplo: Una emoción resulta ser el modo del atributo del pensamiento.

Resulta de vital importancia realizar la claridad sobre los conceptos utilizados por Spinoza ya que asimismo denotan la similitud con las ideas cartesianas, puesto que su proposición temporal nace como una reconstrucción de la concepción de Descartes, al igual que los atributos, son lo que para el francés eran las sustancias, como previamente fue explicitado.

1.9 Ambigüedades en la Temporalidad Cartesiana Según Spinoza

El siguiente análisis sobre los aspectos ambiguos y/o limitantes de la concepción cartesiana sobre la temporalidad que se realizó por parte de Spinoza se sustenta con base en el documento publicado por Guillermo Sibia en el año 2013 y que tiene por título: *El itinerario de*

Spinoza en 1663. Algunos problemas relativos a la temporalidad en los principios de filosofía de descartes, los pensamientos metafísicos y la "carta sobre el infinito"

Para empezar, Spinoza identifica una ambigüedad esencial en la concepción cartesiana de la temporalidad, esta surge de la combinación entre la física y la metafísica de Descartes. En primer lugar, Descartes diferencia ontológicamente la duración, es decir, un atributo inseparable de la existencia actual de las sustancias creadas, en este caso es el tiempo, o sea, un modo de pensar que mide esa duración y que no posee carácter ontológico. Sin embargo, esta distinción provoca una contradicción porque la duración está vinculada a la existencia de las cosas creadas y depende de la acción divina que la conserva de forma discontinua, mientras que el tiempo va como abstracción mental, supone una divisibilidad matemática infinita. Además, Spinoza señala que Descartes no incorpora adecuadamente esta divisibilidad en su física geométrica, de modo que surge una ambigüedad y aunque Descartes admite la posibilidad de dividir el tiempo infinitamente, por ejemplo, en su respuesta a la paradoja de Zenón¹, esta noción no se refleja en su sistema oficial, en cambio, predomina una visión de instantes indivisibles que sostienen una temporalidad discontinua. Por consiguiente, esta incoherencia restringe la capacidad de la física cartesiana para explicar el movimiento de manera continua y lógica (Sibilia G. L., 2013).

A continuación, Spinoza critica otro aspecto limitante en la teoría cartesiana, este se trata de la doctrina del francés sobre la creación continua, porque esta introduce una discontinuidad ontológica en la duración de las cosas creadas, pues Descartes afirma que la existencia de las sustancias es intrínsecamente discontinua, así pues, está formada por instantes o momentos independientes y requiere la intervención constante de un Dios trascendente para mantenerse. No obstante, según Spinoza, esta idea genera una contradicción entre la esencia de las sustancias, por ejemplo, en la extensión que es indefinidamente divisible y su existencia temporal, ya que aparece como discontinua debido a la acción divina externa. Asimismo, Spinoza sostiene que esta discontinuidad surge de la limitación de la mente humana, o en otras palabras, esta traduce erróneamente la realidad discontinua en una continuidad ficticia, por lo tanto, esta dependencia de un Dios externo para asegurar la continuidad del tiempo y la duración resulta problemática, de manera que desde la perspectiva spinoziana, se introduce una artificialidad que dificulta una comprensión coherente de la temporalidad como un fenómeno intrínsecamente continuo, es decir, para Spinoza no hay una constante intervención de Dios que haga que la duración sea continua desde su discontinuidad (ideas cartesianas) sino que más bien, establece que Dios es la misma naturaleza y sobre ello suceden los eventos. Puede sonar algo contradictorio, pues en uno

¹ La paradoja de Zenón dice que, si a la décima parte de cualquier cantidad se agrega la décima de esta décima, que es una centésima, y todavía la décima de ésta última, que no es sino la milésima de la primera; y así "*al infinito*", todas esas décimas unidades, aunque se supongan realmente infinitas, no componen sin embargo una cantidad finita (Sibilia G. L., 2013).

la acción de Dios es directa y en el segundo, respectivamente, es la base de lo que sucede o donde sucede y se tiene duración de los eventos, de igual manera la atribución teológica sigue siendo gran impacto o solución metafísica en esta época como en la anterior, solo que en la Modernidad va perdiendo fuerza debido a que se trata de explicar desde otros puntos más prácticos pero de igual manera, las respuestas últimas resultan siendo metafísicas y asignadas a Dios.

Por último, Spinoza destaca que la eliminación del tiempo como variable independiente en la física cartesiana representa otra limitación significativa, así pues, Descartes basa su física en la óptica y la propagación instantánea de la luz, por lo que excluye la continuidad del tiempo y del movimiento, además, reduce el tiempo a instantes indivisibles y a la contigüidad inmediata de los cuerpos y esta exclusión, según Spinoza, refleja una ambigüedad en la matematización del tiempo, ya que Descartes reconoce la divisibilidad matemática del tiempo, pero no la aplica consistentemente en su explicación de los principios físicos, lo que como resultado implica es que en la física cartesiana se carece de una concepción sólida del tiempo como cantidad geométrica, de modo que limita su capacidad para abordar fenómenos dinámicos de manera integral, es decir, Spinoza percibe esta omisión como una contradicción interna que debilita la coherencia del sistema cartesiano, porque no logra reconciliar la divisibilidad teórica del tiempo con su aplicación práctica en la física (Sibilia G. L., 2013).

1.10 La Temporalidad Según Spinoza

Por su parte, Spinoza desarrolla una concepción de la temporalidad que "supera" o suple las limitaciones cartesianas evidenciadas pues, integra la duración y el tiempo en una ontología monista y necesaria. En los *Pensamientos metafísicos* de 1663 Spinoza define la duración como el atributo que refleja la existencia actual de los modos, es decir, inseparable de su perseverancia en el ser, mientras que el tiempo es un modo de pensar que sirve para medir la duración (Sibilia G. L., 2013).

Sin embargo, Spinoza introduce una diferencia clave respecto a Descartes, en otras palabras, elimina la noción de lo posible como una dimensión real del ser lo que, por lo tanto, afirma que todo existe necesariamente por su causa o esencia y esto implica que la duración no depende de una voluntad divina externa, es más bien al contrario porque fluye necesariamente de la potencia divina, debido a que esta se concibe como inherente, la duración se presenta como una cualidad intrínsecamente continua, en evidente contraste con la discontinuidad cartesiana.

Además, en la *Carta sobre el infinito*, Spinoza profundiza esta perspectiva, ya que redefine la duración y la eternidad como modos de existencia derivados de su ontología de la

sustancia única, para él la sustancia infinita por su esencia y excelencia que existe eternamente (Dios/Naturaleza) mientras que los modos, como afecciones de la sustancia, tienen una duración que es ilimitada no por su esencia, sino por la causa inmanente que los produce, refiriéndose a ese proceder divino. Esta duración es indivisible, porque cualquier división implicaría introducir finitud en lo que es intrínsecamente continuos mismo, Spinoza argumenta que la división de la duración en partes, es decir, lo que da lugar al tiempo, es una operación de la imaginación o, en otras palabras, un "*ente de razón*" que no refleja la realidad de la duración, sino que la abstrae para facilitar su medición. Esta distinción entre la duración, que es continua e indivisible, y el tiempo, que es un producto imaginativo, permite a Spinoza rebasar las paradojas cartesianas, por ejemplo, la de concebir la duración como un compuesto de instantes indivisibles (Sibilia G. L., 2013).

Spinoza establece que el tiempo, como auxiliar de la imaginación, tiene una función positiva en la ciencia fisicomatemática, pero debe entenderse como una abstracción que no captura la verdadera naturaleza de la duración. Para aclarar, Spinoza ilustra esto con el ejemplo de la hora² así pues, muestra que dividir indefinidamente la duración, como en el tiempo, o concebirla como compuesta de instantes indivisibles lleva a paradojas que hacen incomprendible el paso del tiempo, en cambio, al concebir la duración como una continuación infinita derivada de la potencia de la sustancia, Spinoza ofrece una concepción de la temporalidad que es coherente con su ontología, de manera que el movimiento y la existencia de los modos son intrínsecamente continuos y no requieren de una causa externa para su persistencia, solo la base de la única sustancia existente para él.

1.11 Isaac Barrow y su Tiempo Cuasi - Absoluto

Por último, previo a Newton, es de vital importancia mencionar la concepción del tiempo propuesta por Isaac Barrow (1630 – 1677) quien escribió: «*Dado que los matemáticos utilizan frecuentemente la palabra tiempo, deberían tener una idea clara del significado de esa palabra. De lo contrario, son charlatanes*».

Barrow, maestro del propio Isaac Newton en el Trinity College, en su puesto de Lucasiano que seguidamente sería ocupado por Newton en la Universidad de Cambridge, es quien analiza la distinción del tiempo de Santo Tomás de Aquino sobre el tiempo real e

² El ejemplo de Spinoza de la hora dice que mientras uno conciba la duración en abstracto y confundiéndola con el tiempo, comience a dividirla en partes, jamás llegará a comprender cómo una hora, por ejemplo, puede pasar pues, para que pase la hora es necesario que pase antes su mitad y después, la mitad del resto y después la mitad que quede de este resto; y si prosigue así sin fin, quitando la mitad de lo que queda, nunca podrá llegar al final de la hora (Sibilia G. L., 2013).

imaginario, además rechaza la visión de Aristóteles y postula el tiempo como independiente del movimiento:

“Pero el tiempo, ¿no supone el movimiento? Respondo: de ninguna manera, por lo que respecta a su naturaleza absoluta, intrínseca; no más que el reposo; la cualidad tiempo no depende esencialmente de ninguno de los dos; tanto si las cosas se mueven como si están quietas, tanto si dormimos como si estamos despiertos, el tiempo fluye a su ritmo regular. Imaginemos que todas las estrellas han estado quietas desde su nacimiento: para el tiempo nada se habría perdido; esta quietud habría durado tanto como ha durado el flujo de este movimiento” (Van Fraassen, 1978, pág. 33).

Barrow proclamó que el tiempo, cual río eterno, "fluye a su ritmo regular" sin depender de las estrellas en reposo o en su frenético girar, ni de los sueños de los hombres despiertos o dormidos, pues él argumenta que el tiempo existe antes y junto con el mundo, incluso sin movimiento y sin que el reposo sea necesario, es decir da igual si se mueve o no, emergiendo así una concepción cuasi - absoluta.

Figura 19

Isaac Barrow



Nota. La imagen muestra a *Isaac Barrow*. Tomado de (Wikipedia, 2017).

Sin embargo, al intentar desmenuzar la esencia de las ideas de Barrow, como un viajero perdido, se refugia en la teología, declarando que el tiempo es una sombra de la presencia divina, dejando a la filosofía natural huérfana de respuestas y atrapada en un enigma sobre ¿qué es este tiempo que no es cosa, pero existe? Así, su postura preparó el sendero para el gran Sir Isaac Newton (Van Fraassen, 1978, pág. 34).

1.12 Estado del Concepto de Tiempo Previo a Newton

Para cerrar y concluir este capítulo, se puede condensar en que este trabajo examina la trayectoria histórica de las nociones sobre el tiempo desde las civilizaciones primigenias hasta las puertas del siglo XVII, poniendo de manifiesto un cambio conceptual caracterizado por la interacción entre enfoques empíricos, filosóficos y teológicos.

En sociedades antiguas como las de Egipto y Babilonia, el tiempo se percibía como una entidad funcional, cuantificada mediante los ciclos astrales y artefactos como relojes solares y clepsidras, que convertían los patrones naturales en unidades temporales.

En la Grecia clásica, el concepto adquirió una dimensión filosófica y de mayor profundidad en cuanto al pensamiento, con Heráclito quien lo interpretó como el fundamento del cambio perpetuo, un flujo continuo donde *“todo fluye”* mientras que Parménides, defendiendo una realidad eterna e inmutable. Platón lo describió como una *“imagen móvil de la eternidad”* asociada al movimiento de los astros y Aristóteles lo definió como *“el número del movimiento según lo anterior y lo posterior”* estableciendo un esquema que conectaba el tiempo con los procesos físicos. Estas concepciones, diversas en su perspectiva, reflejan un tiempo que transita entre una magnitud medible, un principio universal y una construcción metafísica, cada una condicionada por el contexto intelectual de su tiempo.

En la Edad Media, el tiempo se integró al marco teológico cristiano, mezclando algunas de las ideas helénicas con la doctrina religiosa. Agustín de Hipona lo reformuló como una vivencia subjetiva, arraigada en la conciencia humana (memoria; para el pasado, atención para el presente y expectativa, para el futuro) desvinculándose de su carácter externo, es decir no está allá afuera, sino dentro de la mente de quien lo concibe. Santo Tomás de Aquino, inspirado en Aristóteles, lo consideró un atributo derivado del movimiento, supeditado a la creación divina, y diferenció entre un tiempo real, vinculado a los sucesos, y un tiempo imaginario, originado en la mente.

Durante el Renacimiento, Descartes introdujo una distinción crucial entre *duratio* (la persistencia discontinua de las sustancias, renovada por Dios en cada momento) y *tempus* (entendido como una medida abstracta del cambio, además de ser el modo que pueda ayudar a imaginar la duración) Además, se agrega el estudio y análisis de Spinoza sobre la temporalidad de descartes y propone también su concepción sobre la temporalidad. Por su parte, Isaac Barrow, antecediendo a Newton, postuló un tiempo cuasi absoluto, desvinculado del movimiento y de la percepción humana, que *“fluye a su ritmo regular”* aunque su recurso a la teología dejó sin resolver interrogantes ontológicas.

Este contraste entre concepciones revela un tiempo en perpetua redefinición, de instrumento práctico a constructo filosófico, de experiencia interna a entidad autónoma y donde cada etapa representa un intento de capturar una realidad que desafía las categorías humanas. Fue de vital importancia para este trabajo añadir esa capa histórica, puesto que algunas teorías posteriores se vieron influenciadas por algunas de las antiguas, ya sea como continuación, con algunos cambios o con el fin de contrarias y proponer una nueva concepción.

Estudiar las primeras ideas y reflexiones sobre el tiempo resulta enriquecedor porque invita a pensar cómo se reflexionaba en cada época, donde, dependiendo del contexto, de la cultura y de los medios, estas ideas se veían permeadas pero que sirvieron como pilares y reestructuras a teorías y conceptos más recientes, ideas que podrían ser de utilidad en las aulas de hoy, un análisis histórico trae consigo una estrategia bastante interesante y potente, el poder trabajar un concepto tan esencial como trascendental en la física y en la vida misma. Por tal motivo, se cree conveniente formarse e instruirse sobre las primeras representaciones como táctica educativa, y profundizar en ello a través de diagramas intuitivos es lo que en el capítulo 3 se tiene a la expectativa.

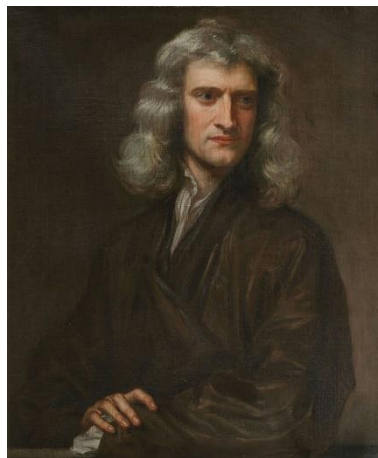
CAPÍTULO 2: EL TIEMPO EN LA MECÁNICA CLÁSICA

Este apartado explora las concepciones del tiempo desde dos perspectivas fundamentales en la historia de la ciencia y la filosofía: Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz, estos dos gigantes del pensamiento que abordaron el tiempo desde ángulos distintos, dejando una huella profunda tanto en la comprensión como en el debate sobre la temporalidad a lo largo de los siguientes siglos. En este capítulo se verá cómo el tiempo resulta ser utilizado con un carácter más práctico y descriptivo de la realidad teniendo en cuenta ideas emergentes en el contexto de cada uno.

2.1 La Concepción del Tiempo de Newton

Figura 20

Sir Isaac Newton



Nota. La imagen muestra un retrato de *Isaac Newton* hecho por Godfrey Kneller en 1689, con la técnica de óleo sobre tela, ubicada en la Royal Collection en Reino Unido. Tomado de (Wikipedia, 2022).

Newton, en su Escolio General de los Principia (1687), introduce la distinción entre tiempo absoluto y tiempo relativo. Según Newton, el tiempo absoluto existe por sí mismo, fluye de manera uniforme y es independiente de cualquier observador o evento, lo que él llama la "duración". Por otro lado, el tiempo relativo es la forma que se percibe usualmente a través del movimiento de los cuerpos celestes. Newton argumenta que, aunque todos los movimientos pueden acelerarse o retardarse, el flujo del tiempo absoluto permanece inalterado. Esta diferencia entre tiempo absoluto y relativo no es meramente semántica, sino que refleja una profunda concepción sobre la naturaleza del universo, donde el tiempo absoluto actúa como el marco en el

que todos los eventos se sitúan y ocurren, mientras que el tiempo relativo representa la interpretación limitada y práctica del tiempo “verdadero, real y matemático”.

Newton hace una introducción para empezar a hablar sobre conceptos muy conocidos como lo son: tiempo, movimiento, espacio y lugar, además menciona que es necesario hacer una distinción entre lo absoluto y lo relativo, lo matemático y lo vulgar, lo verdadero y lo aparente.

No se dedica mucho del escolio para hablar sobre el tiempo, más bien se exhibe en (I) y se deja de lado, se le da más valor al espacio y al movimiento. Además, cabe señalar que a lo largo de los Principia, el tiempo no vuelve a mencionarse más que en ejercicios específicos y de una manera más matemática, es decir, el tiempo como variable.

En el escolio general se encuentran las siguientes definiciones sobre la temporalidad de Newton:

(I) El tiempo absoluto, verdadero y matemático por naturaleza, existe por sí mismo, fluye uniformemente y se dice con otro nombre duración (Newton, 1982).

(IV) Los tiempos y los espacios son sus propios lugares y también los de todas las otras cosas. Todas las cosas están situadas en el tiempo según el orden de sucesión y el espacio según el orden de situación y al ser un lugar primario, es absurdo que sea móvil (Newton, 1982).

Este tiempo absoluto, al no ser dependiente de algo, es decir, al existir y fluir de manera independiente a los acontecimientos que surgen y pasan en cualquier parte del universo, carece de un carácter ontológico, puede existir por sí mismo. Resulta una idea tanto mística como necesaria en el pensamiento Newtoniano, porque la voluntad y el devenir existen gracias a una fuerza mayor, esto hace pensar en una verdadera independencia porque puede imaginarse que si existe, cómo debió ser creado, y si se creó por sí mismo, posee algún tipo de conciencia, tipo deidad, se puede divagar y pensar en él de distintas maneras y extenderse utópica, subjetiva y objetivamente tanto como el lector lo desee, pues este tiempo es tanto curioso como ineludible, pues se puede interpretar (de la propuesta de Newton) que este tiempo debe existir como una especie de marco de referencia, no se puede percibir pero sí utilizar, pues con él se pueden situar los eventos y los sucesos. Si bien se puede entender como un marco de referencia, no necesariamente es fijo, este marco de referencia resulta trazar una simetría, pues si no puede moverse, porque al ser absoluto y estar a lo largo del universo, no podría pensarse un desplazamiento, pues lo abarca todo. Al estar en todo sitio, ser igual al derecho y al revés, desde donde sea que se piense o utilice es todo igual, idéntico en todo sentido y propósito resultaría en una invarianza en cada rincón del universo sin importar los sucesos a su alrededor.

Esta concepción de Newton está vinculada a una visión teológica, puesto que Newton lo asocia con la eternidad y la omnipresencia de Dios, quien "constituye la duración y el espacio" al

existir "siempre y en todas partes". Pero también tiene ciertas implicaciones, porque este tiempo no es directamente observable ni medible, ya que trasciende los fenómenos físicos, este tiempo sirve como marco universal y fijo para las descripciones matemáticas del movimiento en la mecánica newtoniana (Castillo J. C., 2012).

En palabras de José Granés sobre la temporalidad absoluta Newtoniana:

No se puede señalar con certeza un "reloj" que marque tiempos absolutos. Por esta razón se hace necesario – y no solo para el "vulgo" sino también para los filósofos naturales que quieran observar y medir – introducir tiempos relativos que se puedan percibir. Se define, por eso, un tiempo "relativo, aparente y vulgar" como medida de las duraciones de los fenómenos mediante el movimiento (Granés, 2005).

Desde esta perspectiva, el tiempo absoluto no es una entidad que sea posible de establecer para los humanos, no se puede percibir, y por tanto es ajena a las experiencias mismas, y plantea el cuestionamiento de si es necesario hablar de tiempo absoluto para el movimiento.

Resulta conveniente pensar en plantear el tiempo absoluto o si es más bien un concepto superfluo en la interpretación Newtoniana, esta reflexión nace de si conviene o no, pues si es algo que no se experimenta y no se puede percibir para los humanos ¿Por qué hablar de ello?, Conceptualmente resulta necesario plantear este tiempo para el funcionamiento del sistema general de la física newtoniana, aunque uno de sus usos consiste en el análisis de los cuerpos en movimiento, pues el tiempo para él, es universal. Pero de este pensamiento surgen múltiples interrogantes, una de ellas: ¿Si los humanos experimentamos un tiempo relativo, se puede dar cuenta o hacer referencia solo abstracta del tiempo absoluto? Si bien la matemática utilizada en la mecánica newtoniana utiliza el tiempo absoluto por su misma consistencia e independencia, ¿Es correcto conceptualmente utilizarlo en la práctica? Esto lleva a pensar en que sí, para Newton es necesario, pero se queda en una necesidad señeramente teórica.

Por otro lado, Newton menciona también el tiempo Relativo, al que se refiere de la siguiente manera:

(I) El tiempo relativo es una medida sensible y exterior de la duración mediante el movimiento.

(IV) En astronomía el tiempo absoluto se distingue del relativo por la ecuación, es decir, la corrección del tiempo aparente. Porque los días naturales son desiguales, por más que sean considerados iguales y usados como medida del tiempo.

(IV) Todos los movimientos pueden ser acelerados o retardados, pero el flujo del tiempo absoluto no puede ser alterado. La duración de las cosas existentes permanece incambiada, siendo los movimientos rápidos, lentos o nulos, y por eso debe distinguirse esta duración de lo que son sólo medidas sensibles suyas, a partir de las cuales es deducida mediante la ecuación astronómica. La necesidad de esta ecuación para

determinar los tiempos de un fenómeno se hace evidente tanto a partir de los experimentos del reloj de péndulo como a partir de los eclipses de los satélites de Júpiter (Newton, 1982).

A Newton le molestaba que las personas se confundieran sobre las verdaderas cantidades con sus relaciones y medidas sensibles al momento de hablar sobre estos nombres (tiempo, espacio, lugar y movimiento) decía que se debía precisar claramente para no contaminar la matemática y la filosofía y lo que Newton quiere dar entender, al proponer los tiempos tanto Relativo como Absoluto, es que las cantidades relativas no son las cantidades mismas cuyos nombres llevan, sino medidas sensibles de ellas que se usan habitualmente en su lugar.

La diferencia entre estos dos tiempos: absoluto y relativo, yace en la apreciación de realidad para los humanos, pues radica en que el tiempo relativo se puede percibir y experimentar por las personas en su vida cotidiana (experimentar en términos de uso no tangible), mientras que el absoluto no es directamente perceptible, aunque su existencia (conceptual y meramente teórica) es necesaria, pues puede ser incluso una condición fundamental para que el relativo sea posible, esto se debe a que constituye un trasfondo presente en todo. Podría entenderse el tiempo absoluto al ser real y verdadero, como un tiempo percibido únicamente por Dios, de allí entenderse el dicho popular sobre que el tiempo de Dios es perfecto, mientras que el tiempo relativo es percibido por los humanos y su experiencia sensible.

Este tiempo relativo sugiere una aproximación práctica del tiempo absoluto, basada en fenómenos físicos observables, como los ciclos de los cuerpos celestes (por ejemplo, el movimiento de la Tierra alrededor del Sol para medir la duración de los días o el movimiento de un péndulo para medir segundos o minutos) y hace referencia a un tiempo cotidiano, utilizado por la gente común ("el vulgo" para Newton) para organizar la vida práctica y aunque está conectado al tiempo absoluto, es menos fundamental en su teoría, ya que solo sirve como una representación sensible de la duración real.

Esta perspectiva resulta tanto controversial como aceptada y difundida en su contexto, pues hubo quienes defendieron sus ideas con bastante fervor, como es el caso expuesto en la concepción siguiente sobre la correspondencia entre Leibniz y Clarke, este último, fiel seguidor y divulgador de las ideas de Newton. Lo que sin duda puede comentarse sobre la influencia de la concepción temporal de Newton es el uso tanto en su época como en los siglos posteriores, pues tuvo que pasar un largo tiempo antes que se pusiera en duda su planteamiento. Mientras tanto, fue el concepto que acompañó siglos de pensamiento aun siendo objeto de estudio y debate la sublevación que conllevó tal idea de distinción entre el tiempo práctico y el tiempo experiencial.

Además, resulta pertinente mencionar la tergiversación de la temporalidad newtoniana, pues con frecuencia suele tomarse en cuenta únicamente el tiempo absoluto, puesto que, se menciona "el tiempo de Newton es absoluto" y sí, pero deja de lado, ya sea obviando o

ignorando el tiempo relativo que él propone, no solo es un tiempo contemplativo, sino, también ofrece una concepción sobre el tiempo vivido como aproximación imprecisa del absoluto, es conveniente mencionarlo para no dejar de lado algo tan importante sobre su visión temporal.

2.2 La Concepción del Tiempo de Leibniz

Figura 21

Gottfried Leibniz



Nota. La imagen muestra un retrato de *Gottfried Leibniz* realizado por Bernhard Francke, ubicado en el Museo Herzog Anton Ulrich, Brunswick. Tomado de (Wikipedia, 2017).

Por su parte, Leibniz introduce una idea clave sobre el "orden temporal" que difiere de la visión absoluta de Newton. Para Leibniz, el tiempo no es una entidad autónoma que exista independientemente de los eventos, sino un orden de sucesiones, pues el orden temporal es, por tanto, la estructura que emerge de las relaciones entre eventos y en lugar de ser un marco donde los eventos ocurren, el tiempo es el resultado de cómo estos eventos se relacionan entre sí. Pero ¿De dónde surge esta idea?, resulta que hacia el siglo XVII hubo una situación intelectual de bastante complejidad; esta situación, planteada por Descartes, consistía en la relación de la *res cogitans* y la *res extensa*, ambas, un tipo diferente de sustancia, la primera haciendo referencia a la mente o para algunos, el alma, pero haciendo principal alusión a lo pensante con respecto a la conciencia. La segunda, mencionando una sustancia física o material, se trataba del cuerpo como tal. Allí el dilema, si ambas sustancias existen, pero son diferentes, ¿Cómo se conectan?, pues cada humano las posee y no es evidente su distinción en el sentido elemental.

Como solución a este rompecabezas surgieron 3 posturas relevantes; el primero, planteado por Nicolás Malebranche (1638 – 1715) y denominado por él mismo como el

*Ocasionalismo*³, el cual suponía que Dios (la única sustancia que existe) intervenía de manera continua en el mundo y ejecuta en el cuerpo las decisiones del alma. El segundo, planteado por Spinoza, denominado *Panteísmo*⁴, donde el neerlandés proponía una solución al problema de la relación entre cuerpo y alma, afirmando que Dios y la naturaleza son lo mismo. Finalmente, el más importante en lo concerniente a este escrito, la postura de Leibniz a la disyuntiva con su *Armonía Preestablecida*⁵.

En la propuesta de Leibniz, la Armonía Preestablecida a diferencia del Ocasionalismo y del Panteísmo, no tenía como única sustancia a Dios, es más, estaba rotundamente en contra de estas posturas; en consecuencia, plantea su propia postura criticando un fatalismo ciego, que consiste en que todo está ya determinado (por Dios) y deja de lado la libertad del individuo. De este modo, Leibniz propone:

Un sistema en el que Dios habría puesto en cada sustancia el programa de su desarrollo futuro, de modo que lo que denominamos habitualmente causas y efectos son el resultado de la sincronización de acciones que estaba predeterminada desde el momento de la creación (Romero F. G., 2015).

Resulta de bastante interés ahondar en esta formulación que apareció publicada el 27 de junio de 1695 en el *Journal des Savants*, pues al parecer es un cimiento de lo que más adelante se conocería como su temporalidad. En este sistema, las mónadas⁶ poseen en sí mismas sus acciones futuras. Cada mónada contiene en sí el futuro de una forma particular, pues existe un conjunto de relaciones no directas entre las mónadas, relaciones que no son sino el conjunto de percepciones que tendrá el futuro, lo cual sugiere que el destino⁷ es un encadenamiento de causas que abren paso a una sucesión de los eventos, esta es una conexión inevitable entre todos los sucesos, es decir, desde el momento en el que Dios crea el universo y lo dota de lo conocido, predetermina su devenir, todo está ya planeado y el único que lo sabe a perfección es él, pues allí las sustancias o el cuerpo y alma no interactúan, todo rige y está sincronizado desde la creación gracias a la mónada rectora con su "empujón inicial", esa mónada rectora es Dios.

³ El Ocasionalismo sugiere que Dios es la única causa verdadera y lo que habitualmente se llaman causas son tan solo <<ocasiones>>. Esto significa que no hay ninguna conexión directa entre ambas sustancias sean materiales o espirituales (Romero F. G., 2015).

⁴ El Panteísmo sugiere que como los pensamientos y los cuerpos son expresiones de una única realidad, no han de interactuar entre ellos, sino, son manifestaciones de una única sustancia, Dios (Romero F. G., 2015).

⁵ La Armonía Preestablecida es un sistema propuesto por Leibniz en el cual se explica la comunicación entre las sustancias según el cual las mónadas no interaccionan (Romero F. G., 2015).

⁶ La mónada es una redenominación que Leibniz le da a la sustancia. Podría entenderse como una entidad individual última y básica a su necesidad, además de ser portadora de todo el ser y dotadas de un sentido dado por Dios.

⁷ Concepción del devenir de los acontecimientos según el cual todo está predeterminado y sigue un orden racional.

Lo demás, rige de acuerdo con sus planes a través de unas mónadas, las cuales están grávidas de un futuro que viene grabado en esencia desde el origen. Pero aquí parece haber dos contradicciones y nuevos problemas: si todo está determinado, ¿qué pasa con la libertad humana? Y ¿cómo es que las mónadas ya conocen el futuro?

Si bien las mónadas tienen en sí un conocimiento del futuro, este es organizado a través de la experiencia del individuo, no es como que ya todo se sepa desde cada mónada existente, sino que más bien hace falta vivir las situaciones para dar cuenta de ellas; es una relación que hace referencia al empirismo y a racionalismo de su época: desde el racionalismo se tenía que existían las ideas innatas, previas a la vida, y en el empirismo se creía que la persona nacía "con la pizarra en blanco", pues bien, en un acto integrador (al estilo de Leibniz) lo que sucede con la Armonía Preestablecida, más que dar solución "al problema del fantasma de la máquina", sobre la relación de las sustancias de Descartes, también se integran ambas corrientes filosóficas, pues con este sistema, el individuo ya tiene esas ideas previas (ideas que contienen las mónada) y también integra la experiencia sensible tan defendida del empirismo, pues lo que se debería conocer (esas ideas previas) se conoce hasta el momento de experimentarlas, es decir, se nace con unas ideas previas que son "desbloqueadas" a través de la experiencia sensible y allí es donde está la sentencia. Incluso cuando las mónadas conocen el futuro de una manera ingenua (puesto que no son la mónada rectora y perfecta, que es Dios) resulta menester la presencia de la existencia del individuo para poder conocerlas. Este sistema se puede interpretar como los primeros pasos hacia la concepción relacional del tiempo de Leibniz (Romero F. G., 2015).

Esta concepción vista como relacional del tiempo sugiere que, sin eventos, el tiempo no tendría sentido o existencia, pues a través de la sucesión y la interacción de eventos, el tiempo se construye y se percibe, reflejando una estructura más dinámica y cercana que la concepción absoluta newtoniana. Mientras Newton veía el tiempo como una entidad absoluta, Leibniz lo concebía como relaciones entre eventos. Según Van Fraassen, el "orden temporal" u "orden de las coexistencias", en la visión de Leibniz es crucial, ya que implica que el tiempo no es una "caja" en la que suceden los eventos, sino un sistema de relaciones entre esos eventos; un aparente orden que da sentido al flujo del tiempo y al paso de un momento a otro, pues para Leibniz, entender el tiempo requiere entender las conexiones entre todos los eventos, en lugar de considerarlo como un flujo independiente y absoluto (Van Fraassen, 1978, pág. 134).

Leibniz, en contraste con Newton, rechaza la idea de un tiempo absoluto y propone una visión puramente relacional del tiempo, desarrolla una parte en su correspondencia con Samuel Clarke (un defensor de Newton) y en sus escritos filosóficos, pues Leibniz negaba la existencia de un tiempo absoluto (Castillo J. C., 2012).

Leibniz afirma que "el tiempo describe el orden de sucesión" de los eventos físicos y que es algo que no existe como una entidad independiente, sino como una relación entre los

acontecimientos, esto sugiere que está intrínsecamente ligado a la causalidad, pues el orden de sucesión refleja la relación entre causa y efecto, donde la causa precede al efecto y se organiza dependiendo los eventos. También, para Leibniz, el tiempo no "fluye" de manera independiente ni existe fuera de los eventos, sino que es una construcción conceptual que organiza la experiencia de la sucesión, esto rechaza la noción newtoniana de un tiempo absoluto como una entidad física preexistente, argumentando que solo tiene sentido en relación con los fenómenos que describe. Por lo cual, Leibniz ve el tiempo como una estructura relacional que depende completamente de los eventos físicos y sus interconexiones. Leibniz utiliza la analogía de las líneas genealógicas para ilustrar cómo el orden (temporal) es una estructura ideal definida por relaciones, no una realidad absoluta (Van Fraassen, 1978, pág. 135).

En la famosa correspondencia entre Leibniz y Clarke (Adepto de Newton) aparecen las siguientes afirmaciones tanto de Leibniz como de Clarke respectivamente sobre la cuestión de la temporalidad. En el tercer escrito de Leibniz (en respuesta a la respuesta 1 de Clarke, cuando se menciona la temporalidad y la relación con Dios. Cuestión 6, afirma que el tiempo es relativo, como un orden de sucesiones a partir de una pregunta:

"¿Por qué Dios no creó todo un año antes de lo que lo hizo?", •ve que esto no tiene respuesta, e •infiere que Dios ha tomado una decisión en la que no podría haber una razón para que eligiera de esa manera en lugar de alguna otra. Digo que su inferencia sería correcta si el tiempo fuera alguna cosa distinta de las cosas que existen en el tiempo {o de los eventos que ocurren en el tiempo}; porque en ese caso sería imposible que haya alguna razón por la cual los eventos no debieran haber ocurrido exactamente en el mismo orden en que lo hicieron, pero en otro tiempo diferente. Pero lo que ese argumento realmente prueba es que los tiempos, considerados sin las cosas {o los eventos}, no son nada en absoluto, y que consisten solo en el orden sucesivo de las cosas {y los eventos}. En concepción de lo que es el tiempo, los 'dos estados de cosas' supuestos (•el mundo exactamente como es, y •el mundo como excepto por haber comenzado un año antes) no difieren en absoluto, son indiscernibles, son realmente uno mismo (Leibniz & Clarke, s.f.).

Allí Leibniz ofrece una visión temporal algo compleja, se infiere que el tiempo no es una cosa en sí, tampoco es algo que exista de manera independiente, pues los eventos se suceden unos a otros y ese orden (pasó esto primero y luego esto) es a lo que se le termina llamando tiempo, esta relación se da entre un antes y un después de los acontecimientos.

Además, se pone de manifiesto la arbitrariedad de la creación divina de la existencia poniendo en tela de juicio el tiempo absoluto de la siguiente manera: si se piensa en el tiempo absoluto y se imaginan existencias distintas, una creada desde el año 0 y otra desde el año 1, es decir, habría una especie de desplazamiento de 1 año entre ellas, en estas circunstancias ambas

serían iguales con la única diferencia del punto inicial de la existencia, todo será y sucederá de la misma manera y la única diferencia es esa ubicación, uno empezó antes que el otro. Sin embargo, para Leibniz, allí hay un problema, ¿qué razón tendría Dios de crear un mundo antes o después, de crearlo en t o en $t - 1$ o $t + 1$? Puesto que no hay diferencia, no hay razón o argumentos suficientes para preferir uno sobre otro y eso propone un quiebre a la idea del tiempo newtoniano, ¡pero en la concepción tiempo relativo! dado que existirían posibles instantes sin algo, instantes "vacíos" por tanto, podría entenderse que, para Leibniz, no existe tal trasfondo temporal absoluto, que, en este caso, sería un trasfondo vacío, puesto que hablar de una existencia antes o después resulta innecesario porque es hablar de algo que es igual porque el orden de sucesiones no cambia.

Si bien para Leibniz, esto pondría en duda al tiempo absoluto, afecta más al tiempo relativo, pues el absoluto al ser independiente no debería obedecer a un momento de creación, así sea divina, esto le quitaría el carácter de independencia o podría haber sido creado por la voluntad de Dios y lo independiente sería su transcurrir, pero en ese caso habría problemas para Leibniz por su postura de la Armonía Preestablecida, pues al momento de crear este tiempo, ya tendría un futuro determinado. En cambio, el tiempo relativo sí se vería afectado, porque al haber un momento "vacío" no habría cómo dar cuenta de él, puesto que, si no hay existencia, no hay tiempo relativo.

En la tercera respuesta de Clarke (en la cuestión 4, en respuesta a la cuestión 6 de Leibniz) dice que el espacio y el tiempo son cantidades, mientras que la situación y el orden no lo son, afirmando lo siguiente:

Si el espacio no fuera más que el orden de las cosas coexistentes, se seguiría que, si Dios moviera todo el mundo material en una línea recta, éste permanecería en el mismo lugar; y que, por muy rápido que lo moviera, y sin importar lo abruptamente que detuviera su movimiento, nada se sacudiría. Y si el tiempo no fuera más que el orden de sucesión de las cosas creadas, se seguiría que, si Dios hubiera creado el mundo millones de años antes que él, no habría sido creado antes en absoluto. Y otro punto más: el espacio y el tiempo son cantidades, mientras que la situación y el orden no lo son (Leibniz & Clarke, s.f.).

Resulta interesante esta respuesta de Clarke porque propone que el tiempo es una cantidad, más no una relación, esto es cautivador, porque en vez de ver el tiempo como situacional o en relación de orden, lo ve como una cantidad, es decir, que es algo propio que existe, y por tanto la cantidad que se obtiene de él es en cierta medida producto de la experiencia, el experimento y la medición y no un tipo de adaptación entre eventos o cuerpos y que, por supuesto, viene dado por la gracia de Dios, pues depende no de la voluntad, pero sí de la existencia de él.

Además, de su respuesta sobresale la parte sobre el momento de la creación, porque esta no puede situarse antes o después abriendo lugar a ese "vacío" sino que, para él, esa creación debe considerarse como eterno, esto indica un inicio de algo absoluto que no permitiría desplazamiento, pero claro, sería el inicio de algo absoluto, aún quedan dudas sobre esta idea nuevamente en su independencia.

Y en el cuarto escrito de Leibniz en respuesta al argumento 4 de Clarke, concluye con lo siguiente:

¡Y la razón es ésta! Dios no hace nada sin razón; no se puede dar ninguna razón por la cual no haya creado al mundo antes; entonces, si realmente ha creado el mundo, entonces lo creó antes de cualquier hora asignable {es decir, para cualquier momento t , lo creó antes que t porque no tenía ninguna razón para no hacerlo}, lo que quiere decir que el mundo es eterno. Pero tan pronto como se demuestra que el comienzo, cuando quiera que ocurriese, siempre es el mismo, se pone fin a la pregunta '¿por qué no ocurrió antes?'. (Leibniz & Clarke, s.f.).

En la respuesta de Leibniz se puede apreciar la voluntad y grandeza de Dios para los de su época, pues todo atañe a él. Además, se menciona sobre el actuar de Dios, el principio de razón suficiente⁸, pues él, en su completa disposición y capacidad crea todo; esto lleva a una dificultad al pensar en un momento específico para la creación, pues implicaría dudar de su voluntad y contradecir el principio de razón, porque si Dios crea el mundo en un momento particular, crea la pregunta Leibniz: ¿por qué en ese momento y no antes? Si no hay razón que justifique ese actuar, entonces no habría motivo para que lo creara antes o después. Por lo cual, si lo creó de la manera en que lo hizo, debió ser creado antes de cualquier momento que se le pueda conceder, lo que implica que el mundo no tiene un comienzo temporal, y por tal razón, sería eterno.

Leibniz ofrece algunos otros argumentos sobre la temporalidad en su libro: *sobre los nuevos ensayos del entendimiento humano (1765)*, donde se encuentran algunas definiciones clave para lo concerniente con la temporalidad relacional propuesta por él. Aquí el tiempo algunas veces se menciona de forma implícita, pero ofrece en gran medida su concepción sobre la temporalidad como las que siguen:

Libro Primero: Sobre las Ideas Innatas, Capítulo I: "Sobre si en el espíritu humano hay principios innatos"

«Las percepciones insensibles marcan y constituyen al individuo mismo, el cual está caracterizado por las huellas o expresiones de los estados precedentes de dicho individuo,

⁸ El Principio de Razón Suficiente afirma que todo evento tiene una causa o explicación que lo justifica, se defiende que nada existe sin que haya razón de ser así y no de otro modo. Una clara posición a favor de la Causalidad y una visión optimista de ver la realidad (Romero F. G., 2015).

las cuales son conservadas por ellas, conectándolas con su estado presente». (Leibniz, 1765/1983).

Leibniz no formula una teoría explícita del tiempo, pero estos pasajes revelan que lo concibe como una continuidad sin saltos. Además de una sucesión de percepciones vinculadas a la memoria y que, además exhibe un orden preestablecido por Dios, donde cada sustancia despliega su historia interna en armonía con las demás. En este pasaje, Leibniz relaciona la continuidad de la conciencia, pues todo lo que ha vivido a través de las percepciones, que se conservan como huellas y eso las enlaza con el presente. Aquí se pone de manifiesto el tiempo como una percepción de la conciencia humana, idea que retumba durante los siglos venideros.

Continuando, en el Libro II: Sobre las Ideas, Capítulo 14: "Sobre la duración y los modos simples del tiempo"

"El tiempo no es más que el orden de las posibilidades inconsistentes que tienen una conexión determinada" (Leibniz, 1983).

Aquí sugiere que el tiempo no se entiende como algo existente como tal, sino que se da cuenta de él a través de un proceso de ordenamiento lógico sucesivo, resaltando las concepciones que había puesto de manifiesto en las cartas con Clarke. Además, Leibniz continúa firmando lo siguiente:

Libro II: Sobre las Ideas, Capítulo 15: "Sobre el espacio y la duración"

"El tiempo es el orden de las existencias sucesivas, como el espacio es el orden de las coexistencias" (Leibniz, 1983).

En esta parte, Leibniz sugiere su idea más conocida y célebre, que dice que *el tiempo es un orden relacional que organiza los cambios*, es decir que establece una jerarquía en la que se dan los eventos, en otras palabras, habla de un determinismo que permite establecer el antes y el después de un evento medido únicamente por el orden que se dan los sucesos y que está en todo momento mediado por las mónadas, su existencia y eventual destino dependen del momento inicial dado por Dios que trae consigo todo determinado, siendo el individuo quien lo ordena según lo va experimentando o viviendo, de esa manera organiza con un hilo conductor los eventos (esto pasó antes o después de aquello). Además, subraya que el tiempo existe solo como una red de relaciones entre eventos percibidos.

Continuando con las discusiones en los "*Nuevos Ensayos Sobre el Entendimiento Humano*" ahonda un poco en la categoría del tiempo en relación con la extensión y continuidad como se presenta en el siguiente fragmento:

Libro II: Sobre las Ideas, Capítulo 17: "Sobre el infinito"

"El tiempo es continuo porque sus partes (instantes) son ideales, como las del espacio" (Leibniz, 1983).

Aquí Leibniz discute sobre la duración y niega que el tiempo esté compuesto de "partes mínimas", insistiendo en su naturaleza ideal más no como cosas reales, porque eso rompería la continuidad de este. En palabras de Granés sobre la temporalidad Leibniziana:

Para Leibniz el espacio y el tiempo no pueden concebirse como entidades independientes de los cuerpos materiales y de sus cambios [...] De manera semejante, el tiempo es un orden de sucesión. Por eso mismo, el tiempo y el espacio no pueden ser sino ideas en la mente de los hombres o de Dios. Si no hubiera criaturas, como dice Leibniz, "el espacio y el tiempo no existirían más que en las ideas de Dios" (Granés, 2005).

Aquí Granés expone las ideas de Leibniz de manera concisa, pues para Leibniz la idea del tiempo es propia del ser pensante a través de la conciencia, es su forma de organizar los eventos, de fijar etapas y épocas estableciendo un antes y un después con la percepción humana. Esta idea nace dependiendo de la situación, conservando un carácter ontológico y emergente de los eventos, no existe por sí mismo.

Finalmente, después de haber establecido las ideas y concepciones sobre tiempo de estos dos autores y para visualizar de forma más evidente este contraste, cabe aclarar algunas de las ideas expuestas según Newton y Leibniz a modo de recapitulación. Newton veía el tiempo absoluto como algo inmutable, que fluye de manera uniforme e independiente y no puede perturbarse porque de nada depende, es autosuficiente. El tiempo relativo es una especie de medida que se realiza, siempre imprecisa, si se quiere más precisión se deben hacer modificaciones en las ecuaciones con las que se mide el mismo, pero resulta que siempre va a ser una medida imprecisa con respecto al tiempo absoluto, es decir, el tiempo absoluto "Verdadero y Matemático" siempre será el mismo, mientras que el relativo depende de las ecuaciones que se usen y lo "controladas" que se tengan las variables al momento de medir los fenómenos (que dan cuenta de este tiempo), lo que sugiere que el tiempo relativo termina siendo siempre una medida imprecisa del tiempo absoluto, pero necesaria para realizar las mediciones pertinentes para los humanos, en términos de dar cuenta de su existencia.

Por otro lado, para Leibniz, el tiempo resulta ser "un concepto construido para dar cuenta de la evolución de los fenómenos", pues al anteceder o suceder un evento, se hace referencia de un antes y un después, o de un "orden" de colocación, pues el tiempo termina siendo una ayuda para distinguir el orden sucesivo de los cambios. Y cabe señalar que el tiempo existe porque existe quien lo piense, quien lo crea, pues el mismo Leibniz decía "*Si no hubiera criaturas, el tiempo no existiría*", se hace necesario una mente capaz de percibirlo y organizarlo. Para Leibniz, el tiempo no existe independientemente de la materia, y su existencia se deriva de principios metafísicos como el Principio de Razón Suficiente y el Principio de Identidad de los

Indiscernibles⁹, que utilizaba para refutar la arbitrariedad del tiempo absoluto, Leibniz termina introduciendo la primacía de la experiencia subjetiva y cualitativa del tiempo sobre su medición cuantitativa (contraste notorio a la concepción Newtoniana sobre la temporalidad) (Granés, 2005).

Se puede agregar a esta discusión que, la evolución del concepto de tiempo, desde las primeras civilizaciones hasta el siglo XVII, refleja un fascinante viaje humano hacia la comprensión de una realidad tan esquiva como fundamental y compleja, que resulta de reflexionar y pensarse sobre un concepto tan atrayente como lo es el tiempo, todo esto antes de Newton y Leibniz, donde el tiempo se concebía de maneras diversas y entrelazadas con la experiencia, la filosofía y la teología. En las antiguas culturas, como los egipcios y babilonios, lo midieron a través de ciclos naturales, traduciendo los ritmos del cosmos en unidades prácticas mediante relojes de sol y clepsidras. En Grecia, Heráclito lo vio como un flujo perpetuo de cambio, mientras Parménides lo negó como ilusión, y Aristóteles lo definió como la medida del movimiento, un eco que resonó en la Edad Media con San Agustín, quien lo interiorizó como vivencia subjetiva, y Santo Tomás de Aquino quien lo subordinó a la creación divina. En el Renacimiento, Descartes distinguió entre la duración de las sustancias y el tiempo como constructo mental, y Spinoza refinó esta idea, relegando el tiempo a una abstracción frente a la eternidad de la sustancia. Estas concepciones, diversas y contextuales, oscilaban entre lo práctico, lo metafísico, lo teológico y lo místico, buscando capturar un concepto que desafiaba las categorías y el entendimiento humano.

Con Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz, el tiempo alcanza un punto de inflexión que trasciende estas visiones previas, marcando un hito en la ciencia y la filosofía. Newton, en su *Principia Mathematica* (1687), propuso un tiempo absoluto, "verdadero y matemático", que fluye uniformemente, independiente de eventos u observadores. Esta idea, influida por la revolución científica y su necesidad de un marco temporal fijo para las leyes del movimiento, así como por su fe en un Dios omnipresente que "construye la duración", dotó a la física clásica de una base universal que sustenta su mecánica, transformando la temporalidad en una variable objetiva y medible. En contraste, Leibniz rechazó esta absolutidad, definiendo el tiempo como el "orden de las sucesiones" de los eventos, una relación emergente sin existencia propia. Inspirado por las visiones tanto relacionales como causales de algunos pensadores griegos y medievales.

Comparadas con las concepciones anteriores, las propuestas de Newton y Leibniz representan un salto cualitativo. Mientras los enfoques pre-newtonianos mezclaban subjetividad, ciclos naturales y teología, Newton introdujo una objetividad científica sin precedentes,

⁹ El Principio de Identidad de los Indiscernibles establece que dos objetos que comparten todas sus propiedades no pueden ser distintos; si son completamente iguales en todo, entonces son el mismo objeto, afirmando la infinita diversidad de lo real (Romero F. G., 2015).

alejándose de la experiencia humana para priorizar un tiempo universal simétrico e invariante. Leibniz, aunque relacional como algunos predecesores, lo sistematizó con un rigor lógico y metafísico único, desafiando la rigidez newtoniana. Su impacto perdura porque el tiempo absoluto de Newton dominó la física durante siglos, mientras la visión relacional de Leibniz encontró eco en las revoluciones científicas posteriores. Así, ambos no solo reflejaron las tensiones de su época (entre empirismo, razón, fe y el emergente mecanicismo) sino que elevaron el debate sobre la temporalidad, dejando un legado que sigue invitando a reflexionar sobre la relación propia con el tiempo.

2.3 Influencias Previas

Resulta de bastante relevancia poner de manifiesto las relaciones que hay con los autores del capítulo anterior, puesto que algunos de ellos sirvieron como influencia directa para los autores abordados en este capítulo (Newton y Leibniz) y sentaron así los cimientos para forjar el camino que los dos grandes genios recorrían años más tarde.

2.4 Influencias Previas en Newton

Inicialmente se tienen las posibles influencias para Newton (esto se plantea de manera interpretativa, ya que es bien sabido el carácter autodidacta en la formación del inglés), que en sus proposiciones puede sonar familiar algo de lo previamente descrito, tal como sucede con la proposición de dos tiempos diferentes como lo manifiesta Santo Tomás, si bien los tiempos de Aquino se plantean como uno que es perfecto y definido como Eternidad, resulta ser el mismo tiempo imaginario (propio de Dios) y el otro tiempo, el real, es el de las personas. Así pues, los tiempos de Newton (Absoluto y Relativo) resultan bastante similares, el relativo puede interpretarse como el mismo tiempo real que proponía el italiano, solo que un poco más práctico y enlazado con la medida. Por otro lado, se tienen el tiempo absoluto que se puede relacionar con el imaginario, que, si bien no hacen referencia exactamente a lo mismo, se relacionan en el manejo y entendimiento de este, argumentando que es el tiempo dado o sentido por Dios, aún alrededor de 500 años entre ellos dos, se sigue teniendo un fuerte matiz teológico. También puede relacionarse al asignar el tiempo como designio divino al pensamiento de Agustín de Hipona, aunque el primer filósofo de la era cristiana tenía un pensamiento del tiempo en cada persona, sigue siendo un propósito del Dios que conecta ambas visiones.

Por otra parte, puede vincularse como influencia el pensamiento cartesiano, pero no precisamente en la temporalidad, más bien en su finalidad, pues el tiempo absoluto Newtoniano se expresa bajo una necesidad de fundamentar su mecánica para que sus leyes del movimiento,

junto con la gravitación universal, tengan coherencia disponiendo de un marco estable, pues al ser absoluto el tiempo sirve como un marco simétrico y perfecto para realizar ya sea comparaciones entre movimientos, para contrastar o exhibir sucesos simultáneos, incluso para sostener su mecánica y las ecuaciones de movimiento, debido a que estas dependen de un tiempo específico, tiempo que debe ser el mismo para cada movimiento, pues de lo contrario se necesitarían modificaciones inclusive en un mismo movimiento, podría imaginarse como ejemplo un movimiento que no tenga un tiempo absoluto, es decir cambiante y diferente, habría un tiempo que en un mismo fenómeno sea diferente o vaya dependiendo de otras cosas, es decir no sería un mismo tiempo en cada momento en un mismo movimiento y eso quebrantaría cualquier tipo de análisis o estudio sin modificaciones.

El tiempo de Newton, como se expresó anteriormente, resulta más que un concepto, resulta ser una condición que sustenta su mecánica, puede entenderse como un eje invisible que sostiene la coherencia de sus ecuaciones, aunque también contiene algunas limitaciones.

Al ser absoluto el tiempo matemático, permite decir, por ejemplo, que dos fenómenos distantes ocurren simultáneamente o en instantes comparables, aunque no tengan conexión directa, esto implica y justifica su acción a distancia, pero también afecta al tiempo, basta con analizar algunas ecuaciones de movimiento en la física clásica, como por ejemplo la planteada por el mismo Newton:

$$F = \frac{dp}{dt} \quad (1)$$

Siendo F la fuerza debido a la interacción entre dos cuerpos, p la cantidad de momento y t el tiempo, aunque (1) vista de otra manera sería:

$$F = \frac{d(m \cdot v)}{dt} \quad (2)$$

Donde, m es la masa y v es la velocidad. Las ecuaciones (1) y (2) permiten ver que la masa es afectada también, pero lo que interesa en este contexto es el tiempo. Sin embargo, la ecuación se enseña comúnmente de la siguiente manera:

$$F = m \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

Y allí emergen las ecuaciones de movimiento que se utilizan generalmente al enseñar la mecánica Newtoniana:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

Siendo a la aceleración. Vista de otra manera la ecuación (5) en relación con la ecuación (4) sería:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (6)$$

Estas ecuaciones que se expresan, se conocen como derivadas¹⁰ y son ecuaciones que solo tienen sentido si hay un mismo tiempo (t) (el cual se encuentra en el denominador de todas las ecuaciones presentadas) para todo sistema físico, puesto que si el tiempo se midiera diferente para cada persona que esté observando o dependiente del punto del espacio en el que se dé, entonces la velocidad (v) y la aceleración (a) no serían comparables entre personas que estén observando desde diferentes lugares o tiempos; por ejemplo dos movimientos diferentes, por lo cual también, junto con las anteriores ecuaciones, la ecuación de la segunda ley de Newton, que es la siguiente no sería universal:

$$F = ma \quad (7)$$

En estas condiciones el tiempo absoluto de Newton garantiza la uniformidad que hace posible definir aceleraciones (a) y fuerzas (F) de manera objetiva. Newton asume que, si dos eventos ocurren "al mismo tiempo" según un reloj, son simultáneos para todos los observadores. Esa simultaneidad universal es esencial para comparar los movimientos y poder definir interacciones instantáneas (como la fuerza gravitacional) que en la mecánica de Newton actúa de manera inmediata y a distancia.

Lo que, en resumen, quiere exponerse con este argumento, es que sin el tiempo absoluto no se podría decir que la fuerza gravitacional (g) se transmite "*instantáneamente*" entre cuerpos lejanos.

Ahora bien, la relación del pensamiento de Newton con el pensamiento de Descartes subyace en el planteamiento de un universo mecanizado y regido por las leyes matemáticas, no obstante, el francés no pergeña una teoría sobre el tiempo que pueda vincular a su interés racional.

Finalmente, la posible mayor influencia en la concepción de Newton sobre el tiempo se le atribuye a su mentor Isaac Barrow, el británico propone un tiempo 'cuasi – absoluto', una postura altamente parecida a la del padre de la física, pues la concepción de su maestro resuena

¹⁰ En términos generales, la derivada es una medida de cómo varían los valores de una función con respecto al valor que toman sus variables (Guardaño, 2018).

en él, postura que sostiene la independencia del tiempo con la vida y el individuo, puesto que transcurre sin que haya relación alguna, transcurre mientras se duerme, mientras se piensa y cuando no, también. Además, nuevamente se sustenta bajo un manto teológico al ser la sombra de una presencia divina.

2.5 Influencias Previas en Leibniz

Leibniz, por su parte califica la explicación científica newtoniana como sesgada y parcial, y se opone rotundamente a la visión del padre de las leyes del movimiento. En consecuencia y bajo su característico proceder integrador, el alemán intenta no hacer de lado las ideas de los helenísticos, es más, las utiliza y une bajo ciertos criterios tal como ocurre con el pensamiento Aristotélico, donde se describe el tiempo como el ‘número del movimiento según el antes y el después’, pues recoge esa visión organizada debido a que, en su concepción, el tiempo depende de los cambios observables en los objetos. Por otro lado, relacionando la tradición escolástica y racionalista, en las cuales se observa que es profundamente influido por la lógica y la metafísica racionalista, motivo por el cual se concibe la ‘Armonía Preestablecida’ como solución al problema del fantasma de la máquina.

Es curioso que la concepción de Leibniz es también influenciada por Agustín de Hipona, tal como sucede con Newton, pero en un aspecto diferente, debido a que, en este caso, la influencia no viene dada por el misticismo, sino, porque la temporalidad no es independiente al individuo, pues es más bien perteneciente a él.

Leibniz, el genio racionalista es influido por las ideas de Descartes, podría decirse que en algunos aspectos es continuador, también es influenciado por Spinoza, pero en plan diferente, la influencia del holandés viene con el fin de contrariarlo, es decir, era un pensador que lo motivaba a proponer posturas contrarias, disposición que elevó significativamente el intelecto de su época.

Para finalizar, Leibniz no propone una postura que se asemeje con la de algún predecesor, es más bien una proposición distinta y original en su contexto, es interesante porque se propone como perteneciente a cada persona con el objeto de organizar las experiencias, aunque en la metafísica y en un riguroso análisis, se llega a la actividad de la mónada y al final se llega a un primer momento que es otorgado por Dios, en el transcurrir no se tiene atributos míticos o teológicos, más bien tiene carácter vivencial.

2.6 Comparación Entre las Concepciones Temporales: Newton Vs Leibniz

Para realizar la comparación de manera sintetizada y organizada se propone la siguiente tabla entre las concepciones temporales de Isaac Newton y Gottfried Leibniz.

En este apartado se exhiben las diferencias entre las dos concepciones, pues resultan ser opuestas y bastante desemejante, la única similitud que poseen ambas concepciones consiste en la interpretación y percepción de la naturaleza, conocimiento total del cual solamente Dios goza.

Comparativo Sobre la Concepción Temporal de Newton y Leibniz

Tabla 1

Cuadro comparativo sobre la concepción temporal según Newton y Leibniz

Sir Isaac Newton	Gottfried Wilhelm Leibniz:
<p style="text-align: center;">Tiempo absoluto, verdadero y matemático</p> <p>Newton define el tiempo absoluto como algo "verdadero y matemático" que "fluye uniformemente sin relación con nada externo". Esta noción del tiempo es independiente de los eventos que suceden y del movimiento de los objetos. El tiempo absoluto existe por sí mismo, es continuo y uniforme, y no depende de la percepción humana.</p> <p>Este tiempo carece de carácter ontológico y además sirve como un perfecto marco inmutable en el cual suceden los acontecimientos, fenómenos y demás que se pueden explicar con su mecánica. Además, exhibe una aparente simetría temporal que también es ajena a la percepción.</p> <p>El tiempo absoluto es el sentir de Dios, para los humanos es inobservable y sin distinción.</p>	<p style="text-align: center;">Tiempo relacional</p> <p>Para Leibniz, el tiempo no es una entidad que existe por sí misma, como postulaba Newton, sino que es una relación entre los eventos que ocurren en el mundo y que viene dada desde un momento inicial con el impulso de Dios, tal como se explica en su "Armonía Preestablecida". El tiempo no tiene existencia independiente, pues no fluye por sí solo. En lugar de eso, es una forma de describir cómo se relacionan los eventos entre sí en términos de sucesión y organización. Sin eventos, no habría tiempo, ya que el tiempo no es una cosa en sí, sino una manera de ordenar las cosas.</p> <p>En su Correspondencia con Clarke, Leibniz dice que: <i>"Yo sostengo que el espacio no es más que el orden de las cosas coexistentes, y que el tiempo no es más que el orden de las cosas sucesivas."</i> (Leibniz & Clarke, s.f.).</p>

<p>El tiempo absoluto de Newton provee un marco temporal inmutable dentro del cual los fenómenos físicos ocurren.</p> <p>En sus palabras: <i>"El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí mismo y por su propia naturaleza, fluye uniformemente sin relación con nada externo, y se llama duración."</i> (Newton, 1982).</p>	
<p>Tiempo relativo, aparente y común</p> <p>En contraste con el tiempo absoluto, Newton habla del tiempo relativo, que es una medida de la duración "sensible y externa" a través del movimiento de los cuerpos celestes o de relojes, es decir, este es el tiempo de los humanos, del "vulgo" es el tiempo tanto experiencial y medible desde la imprecisión humana, es además un tiempo imperfecto, pues la mayor precisión viene dada por el tiempo absoluto y el tiempo relativo es una medida imprecisa de este, tratando de llegar a esa exigencia.</p> <p>Newton lo describe como: <i>"El tiempo relativo, aparente y común, es alguna medida sensible y externa de duración, que es vulgarmente usada en lugar del tiempo verdadero; tal es la hora, el día, el mes, el año."</i> (Newton, 1982).</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Comparativo Sobre la Concepción Temporal en Relación con Algunas Situaciones Físicas Según Newton y Leibniz

Tabla 2

Cuadro comparativo sobre la concepción temporal en relación con algunas situaciones físicas según Newton y Leibniz

	Newton - Absoluto	Newton - Relativo	Leibniz
Naturaleza del tiempo	Absoluto, verdadero y matemático. Existe por sí mismo. Es uniforme y continuo.	Es la representación del tiempo verdadero tal como se percibe a través del movimiento de los cuerpos y los fenómenos naturales.	Relacional. El tiempo surge del orden y de la relación entre eventos, no existe sin cambios ni sucesión.
Dependencia	Independiente de materia, del espacio y del movimiento. El tiempo existe incluso si nada sucede.	Depende de los fenómenos observables (movimientos) ya que son los medios para medirlo.	Depende de las cosas que cambian y se relacionan, si no hay cambio, no hay tiempo.
Ontología	Absoluto: No posee carácter ontológico; es una condición metafísica o conceptual del movimiento. Representa el marco de toda existencia física.	Posee carácter ontológico en cuanto se aparece en la experiencia, debido a que es necesario un fenómeno físico natural para que aparezca como medida sensible.	Relacional: El tiempo existe como relación entre los cambios del mundo y su orden lógico.
Medición	El tiempo verdadero (absoluto) no puede medirse directamente.	La medición del tiempo es convencional y depende de los movimientos periódicos.	El tiempo no se mide en sí mismo, sino que se ordena. Medir el tiempo equivale a comparar cambios.

Implicaciones filosóficas	Supone un marco universal y homogéneo donde toco ocurre, fundamenta la posibilidad de una física matemática exacta y simétrica.	Explica cómo percibimos el paso del tiempo, aunque este dependa de convenciones humanas.	Niega la existencia del tiempo como una entidad, más bien sugiere una concepción relacional, donde el tiempo depende del orden lógico del universo desde el impulso inicial dado por Dios.
----------------------------------	--	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Los cuadros comparativos previamente presentados exhiben la condensación de la contrastación de las concepciones temporales entre Newton y Leibniz, manifestando así su contrariedad, no podrían estar más en desacuerdo incluso siendo de la misma época, como ambos, de naciones diferentes, proponen sus concepciones con base en situaciones naturales o contextuales específicas, puede apreciarse también la influencia que tiene la cultura sobre las ideas de estos grandes pensadores.

Ahora bien, teniendo toda la información hasta este punto, se procede a utilizarla con el objetivo que pueda ser útil en la enseñanza, pues se creyó necesario primero realizar la indagación para luego, con base en los resultados, tener el criterio y los argumentos suficientes para poder realizar la propuesta que se verá en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3: DESCRIPCIONES DE TIEMPO PARA LLEVAR AL AULA, ANÁLISIS COMPARATIVO

La necesidad de abordar los enfoques mencionados en el marco pedagógico surge como la base de la propuesta didáctica que en este capítulo se desarrolla, pues la enseñanza con frecuencia reduce el concepto de tiempo a una simple variable, la famosa t , se toma como una "mala concepción" o como un conocimiento que es altamente dependiente de un contexto cultural y cotidiano (Pardo, 2013).

Asimismo, además de incorporar los enfoques descritos en el documento, también fueron principal base los antecedentes, pues en algunos como en el antecedente 1, llamado: *"El aprendizaje por proyectos, una propuesta para la comprensión de la relación entre el Espacio y el Tiempo"* realizado por Mónica Camacho, se valida la problematización del concepto de tiempo en la enseñanza, es decir, concuerda y se relaciona con su reduccionismo, solo que allí se aborda a través del aprendizaje por proyectos, pero comparte el fin, que es el de desarrollar el pensamiento complejo (Camacho, 2018).

Seguidamente, se tiene que, en el antecedente 2, llamado: *"Noción del Espacio y Tiempo en Estudiantes de Grado Sexto"* elaborado por Miguel Caro Rivas, se utilizaron actividades indirectas sobre el concepto del tiempo, como la lectura sobre la posibilidad de viajar en el tiempo, el cual es un recurso narrativo que busca indagar sobre las nociones que los estudiantes han construido y desde allí, generar ciertas discusiones guiadas y bastante pertinentes con lo que se propone en el proyecto. (Rivas, 2018).

Además, en el antecedente 4, llamado *"La Enseñanza del Tiempo y la Historia en la Educación Infantil"* escrito por Angie Aguilera Triana, los trabajos didácticos en ciencias sociales e historia validan que la narrativa y la dramatización pueden llegar a ser eficientes para que los estudiantes interpreten el pasado y se acerquen a las nociones de cambio, pues algunos autores mencionados en su trabajo proponen el uso de biografías para trabajar los conceptos, lo que conecta con lo que el documento presenta al utilizar episodios puntuales de la historia, como la correspondencia entre Leibniz y Clarke. (Triana, 2018).

Los demás antecedentes fueron fuente y base vital para la construcción de este documento, si bien solo retomo los previamente mencionados, es por la validación y relación lúdica, pero los demás sirvieron como base de información y sustento, pues reconocen la relevancia didáctica del tiempo.

La propuesta presentada en este capítulo no pretende simplemente incorporar la historia de la ciencia como un complemento ilustrativo dentro del aula, sino que busca otorgar al

concepto de tiempo un lugar reflexivo, capaz de trascender su uso más allá de un parámetro matemático. A diferencia de investigaciones citadas y utilizadas a lo largo del documento, donde se reconoce la problemática de la reducción conceptual del tiempo, pero no se formula u ofrece una herramienta operativa concreta para abordarla. Esta propuesta construye un camino didáctico específico: la enseñanza reflexiva del tiempo a través de la comparación conceptual explícita y situada históricamente.

En este sentido, la elección del juego como herramienta no obedece a la intención de "hacer más agradable la clase", sino a su potencia epistemológica. El juego de roles sobre el misterio del tiempo permite que el estudiante asuma temporalmente la perspectiva de un pensador, pensando como él, defendiendo su concepción y confrontándola con otras. Esta dinámica no es un recurso decorativo, sino una forma abordar la problemática donde los participantes no solo aprenden la definición del tiempo para Newton o Leibniz, sino que se ven obligados a defenderla, justificarla, criticarla y ponerla a prueba en situaciones puntuales. De esta manera, el juego fomenta el análisis, la argumentación y la interpretación conceptual.

Por lo tanto, las propuestas elaboradas en este trabajo de grado se diferencian de enfoques en investigaciones previas porque no se transmite información sobre la concepción temporal, sino que se convierte en experiencia pedagógica, devolviéndole al aula el carácter vivo, conflictivo y profundamente humano del conocimiento científico.

3.1 Actividad de Sensibilización: Juego de Roles Sobre el Misterio del Tiempo

El enfoque didáctico de incorporar este juego de roles como actividad de sensibilización se fundamenta en la necesidad de transformar esta información de las concepciones que puede resultar compleja o como un "saber sabido" en un "saber enseñado" que sea accesible y pueda generar tanto una reflexión crítica y más digerible para los estudiantes (Mendoza, 2005).

De tal manera, el *Juego De Roles Sobre El Misterio Del Tiempo* se propone como una estrategia fundamental para la acomodación de conceptos, pues al presentar concepciones históricas contrapuestas (como las concepciones de Newton y Leibniz) se busca generar insatisfacción con los conceptos existentes e invitar al estudiante a indagar sobre nuevas alternativas conceptuales plausibles o que puedan acomodarse a sus ideas y/o contexto, pues se espera que reconozcan alguna concepción con relación a sus ideas o experiencias.

Además, el juego permite exhibir una recontextualización de saberes, mostrando que posturas diferentes sobre el mismo concepto pueden subsistir incluso en la misma época, por lo cual, esta propuesta trata de contrastar lo secuencial del saber en el currículo tradicional, que borra los procesos reales de elaboración de saberes científicos.

Objetivo de la Actividad

Introducir de manera lúdica las concepciones de tiempo de los pensadores propuestos a lo largo del documento y sensibilizar a los estudiantes frente a la diversidad de interpretaciones sobre el tiempo en la historia de la física, preparándolos para la construcción de gráficos comparativos.

Objetivos de la Aprendizaje

1. Caracterizar las concepciones temporales de, al menos: Isaac Newton y Gottfried Leibniz.
2. Contrastar críticamente las similitudes y diferencias sobre las concepciones temporales abordadas, a partir del análisis de las situaciones planteadas.

Descripción de la Actividad

La intención de esta actividad es que actúe de manera sensibilizadora e introductoria creando un puente entre la información de la investigación en el documento y previa a la actividad de condensación gráfica.

El juego consiste en un tipo de juego de roles con énfasis en el misterio, en este caso: para el tiempo. Inicialmente se propone una situación que será abordada en el aula, la situación es arbitraria pero la idea es incentivar el interés en los estudiantes con temas que les pueda atraer (seguido de la descripción se propone un ejemplo de situación). Luego de tener la situación clara, sobre ella se crea la dinámica: se construyen sobres sellados que contienen información sobre cada una de las concepciones, en este caso, a través de pistas tanto verdaderas como falsas y se precisa una mayor cantidad de pistas verdaderas que falsas, con la intención de no cometer errores en la interpretación que den como resultado otro autor al que se pretende llegar. La cantidad de sobres depende de cuántos autores se abordarán en el juego, por ejemplo: 4 sobres si se abordarán 4 autores (Leibniz, Newton, Heráclito y Agustín de Hipona son los que se presentarán en el ejemplo en la siguiente sección); la idea es que se seleccionen autores de cada época, en el ejemplo se tiene: 1 autor de la época helenística, 1 autor de la Edad Media, 1 autor de la Modernidad y tanto Newton como Leibniz, pues ellos son el pilar de este documento. La selección de los autores concierne a quien dirija la actividad, de hecho, se pueden abordar hasta los 14 autores presentados en el documento para un juego más extenso.

Una vez se tengan los sobres con pistas tanto falsas como verdaderas (para despistar un poco), se procede a repartirlos, cada autor corresponde a cada grupo de estudiantes, la conformación de los grupos dependerá del docente, así como el número de integrantes de cada

grupo. Se reparte un sobre por grupo y se empieza el juego, con base en la información del documento, los estudiantes deben discernir cuál autor le corresponde al sobre que poseen.

Una vez acabado el tiempo (la duración de la actividad también depende quien guía la actividad) se procede a socializar sobre las respuestas que obtengan los estudiantes y que organizarán a través de una tabla como la que se presenta en la fase de investigación.

Roles y Dinámica General

Para la actividad se debe tener en cuenta que, tanto los materiales como los grupos varían dependiendo la cantidad de autores que se quieran abordar por situación; por ejemplo: si se abordan 5 autores (dependiendo de la cantidad de estudiantes dentro del aula o a elección del docente) se crean los grupos, de igual manera con los sobres que también dependen de la cantidad de autores a trabajar.

La actividad tendrá rondas, para cada situación y a menos que se elijan todos los autores, podrán rotarse y así poder jugar varias rondas.

La actividad se planea en grupos de estudiantes, de 4 a 5 estudiantes por grupo.

Para la actividad se requieren los siguientes materiales:

1. Sobre sellados (uno por autor) con pistas y objetos.
2. Hoja guía del misterio del tiempo.
3. Reloj o cronómetro para establecer la duración de la ronda del juego.

Para una mejor interpretación y mayor entendimiento a continuación, se propone un ejemplo de la actividad.

Desarrollo

Para iniciar, el docente narra brevemente la situación para contextualizar a los estudiantes.

Para este ejemplo de la actividad se proponen 4 concepciones de tiempo (Leibniz, Newton, Heráclito y Agustín de Hipona) de esa manera, la situación es la siguiente:

Cuatro sabios del pasado dejaron escritos sobre el tiempo. Todos observaron el mismo árbol, pero ninguno coincidió en cómo el tiempo actúa sobre él, pues algunos decían que el tiempo fluía por sí mismo, otros decían que solo existe cuando algo cambia.

La tarea es descubrir a cuál autor le corresponde cada sobre.

Para este ejemplo concreto se puede tomar dos caminos:

1. El docente informa cuáles son los autores abordados (los 4) y se reduce significativamente la actividad.
2. El docente no informa cuáles son los 4 autores abordados y los estudiantes tienen que descubrir entre más opciones (alrededor de 14 que ofrece el presente documento).

Sobres y Pistas

Nota: Los sobres contienen pistas tanto verdaderas como falsas para aumentar un poco la rigurosidad del juego, sin embargo, a elección del docente queda la cantidad de pistas verdaderas como falsas, en general se espera que las falsas sean una cantidad menor que las verdaderas y en todos los casos en el sobre estas no deberán revelar su identidad (falsas o verdadera) sino que los estudiantes deben descubrirla, en este ejemplo se plantean 3 pistas verdaderas y 1 pista falsa:

Sobre 1 – El sabio cambiante

Pistas Verdaderas:

- Habla de un tiempo que nunca se detiene y de un mundo en constante devenir.
- Ve el cambio del árbol como la evidencia misma del tiempo.
- El tiempo es un constante e incierto devenir.

Pistas Falsas:

- Sugiere que el tiempo puede medirse sin cambios.
- Identidad secreta: *Heráclito*.
- Conclusión esperada del estudiante: El tiempo es cambio continuo, sin transformación no hay tiempo.

Sobre 2 – Creyente interior

Pistas Verdaderas:

- No ubica el tiempo en el mundo exterior, sino en la memoria y en la expectativa.
- El árbol no cambia por sí solo, el cambio se experimenta dentro de quien lo observa.
- El tiempo está “dentro del individuo” no fuera.

Pistas Falsas:

- Cree que el tiempo es una sustancia física.
- Identidad secreta: Agustín de Hipona.
- Conclusión esperada del estudiante: El tiempo es vivencia interior, depende de la conciencia y no solo del mundo físico.

Sobre 3 – El genio de las relaciones

Pistas Verdaderas:

- Piensa que el tiempo no es una sustancia, sino el orden de las sucesiones entre los acontecimientos.
- Cree que el árbol marca el paso del tiempo solo por los cambios que experimenta al organizarlos uno antes o después de otro.
- El tiempo lo organiza el individuo a través de los eventos en orden de su experiencia.

Pistas Falsas:

- Considera que el tiempo fluye igual, aunque nada ocurra.
- Identidad secreta: *Leibniz*.
- Conclusión esperada del estudiante: El tiempo es relacional, surge de las comparaciones entre eventos, no existe por sí solo.

Sobre 4 – El guardián del reloj

Pistas Verdaderas:

- Afirma que el tiempo fluye uniformemente por sí mismo, sin depender de algo externo.
- Dice que el árbol podría o no cambiar y aun así el tiempo seguiría transcurriendo.
- Únicamente a través de las matemáticas puede darse cuenta del tiempo verdadero.

Pistas Falsas:

- Asegura que el tiempo depende de la mente del observador.
- Identidad secreta: *Newton*.
- Conclusión esperada del estudiante: El tiempo es absoluto, existe y transcurre independientemente de los cambios y el observador.
- ❖ **Comentarios:** El juego puede extenderse dependiendo la rigurosidad que el docente elija, de esta rigurosidad dependen los nombres de los sobre y las pistas tanto verdadera como falsas, entre más ambiguas e indistinguibles puede hacer del juego más o menos difícil.

Fase de Investigación

Los grupos abren los sobres uno a uno, leen las pistas y debaten qué concepción del tiempo representa la idea temporal de cada sabio. Pueden registrar su hipótesis en la hoja de investigación con la siguiente tabla sugerida.

Tabla 3

Tabla para registrar resultados de la fase de investigación

Sobre	Pistas Clave	Sospechas del grupo	Razón filosófica y física	Nivel de certeza (1-5)
1				
2				
3				
4				

Fuente: Elaboración propia.

Si el docente considera, durante el juego puede proveer más pistas verdaderas o falsas para generar mayor misterio a medida que los estudiantes van haciendo sus hipótesis.

La fuente de la información es el presente documento, pues todas las respuestas y concepciones están aquí.

Resolución y Reflexión Final

Cada grupo comparte sus hipótesis al final de la ronda (la duración de la actividad la decide el docente). Al final cada grupo revela la identidad de cada uno de los autores de cada papiro que ellos creen que es el correcto respectivamente y argumentando de acuerdo con la hoja guía, luego el docente revela las identidades y realiza una reflexión final, además puede realizar preguntas de cierre que despierten el interés de los estudiantes al plantearlas de manera reflexiva, algunos ejemplos podrían ser las siguientes:

- ¿Qué idea de tiempo aparece en cada caso?
- ¿Cómo inicia la relación entre el tiempo y cambio de un autor a otro?
- ¿Qué implicaciones físicas puede tener cada concepción?
- ¿Qué implicaciones puede tener para enseñar física hoy?

3.2 Actividad de Representación Gráfica: Explorando las Concepciones de Tiempo Mediante Situaciones y Diagramas Comparativos

En la presente actividad se propondrán situaciones físicas puntuales para abordar cada una de las concepciones trabajadas durante la investigación, inicialmente se propone una de acercamiento, pero puede transformarse y utilizarse a conveniencia. Tanto las representaciones gráficas como el diagrama que se propone a continuación se convierten en el producto esperado que condensa y sintetiza la información recogida en los capítulos teóricos (I y II). Con los

diagramas se busca que las nuevas concepciones sean inteligibles mediante el uso de los diagramas y las tablas, lo cual se considera pertinente para la comprensión conceptual.

En los diagramas se utilizan situaciones específicas (como el ejemplo del árbol utilizado en la actividad de sensibilización y que se retoma como ejemplo para la situación 1 de los diagramas) para que los estudiantes aborden cada concepción, pues el contraste de posturas permite ver por ejemplo, la diferencia entre las concepciones de Heráclito y Parménides, aunque no cambie algo en el árbol y otras donde sí, como la de Aristóteles, con respecto al fenómeno observable, aunque en este caso sea un árbol.

Descripción de la Actividad

La actividad consiste en adoptar diversas situaciones (a continuación, se presenta una como de ejemplo) ya sea físicas aplicadas o conceptuales. Por ejemplo: se retoma la situación del árbol, puesto que un árbol ha estado a lo largo de la historia y puede ser que los autores abordados hayan observado uno alguna vez, descripciones sobre la contemplación que podrían parecer similares, pero difiere profundamente la manera de dar cuenta del tiempo desde la visión de cada uno. Seguido de la situación propuesta, se dispone una tabla para ser diligenciada por parte de los estudiantes (tabla 4, adelante se presenta). Además, se incluye un diagrama, que corresponde al material de apoyo para el profesor, en él se sugieren las posibles respuestas o razonamientos esperados por parte de los estudiantes. El diagrama representa la misma situación a trabajar en la tabla. La tabla sirve como un organizador de ideas, aunque el docente puede optar por emplear otro tipo de representación si lo considera pertinente.

Objetivo de la Actividad

Promover la síntesis a través de una representación conceptual de las diferentes concepciones de tiempo abordadas en el documento, mediante la elaboración de diagramas comparativos que relacionen cada postura con situaciones físicas concretas.

Objetivos de Aprendizaje

1. Representar gráficamente las concepciones temporales de diversos autores (al menos: Newton y Leibniz), relacionándolas con situaciones físicas que ejemplifiquen sus diferencias conceptuales.
2. Establecer las implicaciones de cada concepción del tiempo en la interpretación de las situaciones abordadas, identificando diferencias y similitudes.

Ejemplo: Situación 1

El siguiente diagrama aborda la situación descrita inmediatamente después:

Figura 22

Diagrama: Situación 1



Fuente: Elaboración propia en la aplicación *Miro*.

La situación ejemplo es la siguiente: Los árboles han acompañado a la humanidad en la tierra gran parte de la existencia, haciendo parte de la vida misma a través de los años, las diferentes civilizaciones y épocas estudiadas muy probablemente han interactuado con algún árbol, siendo arbitraria su especie, lo importante es que han estado presentes a lo largo del intervalo que fue objeto de estudio del trabajo como se puede apreciar en los capítulos I y II del documento presente, por lo cual, se propone para el análisis: un árbol.

Aunque el diagrama al abordarse en la enseñanza de la física (como se propone) sería a lo que se espera que los estudiantes puedan llegar a responder, es decir, sería material para el docente, el material para los estudiantes es la tabla que se propone seguida del diagrama.

Situación y tabla para trabajar con los estudiantes: Los árboles han acompañado a la humanidad en la tierra gran parte de la existencia, haciendo parte de la vida misma a través de los años, en las diferentes civilizaciones y épocas estudiadas muy probablemente han interactuado con algún árbol, siendo arbitraria su especie.

Tabla 4

Tabla para los estudiantes sobre la Situación 1

Concepción 1 (Heráclito)	
Concepción 2 (Sn Agustín)	
Concepción 3 (Leibniz)	
Concepción 4 (Newton)	

Fuente: Elaboración propia.

La anterior tabla se propone para abordar la situación 1 y se puede utilizar con cuantas concepciones se desee, pues el diagrama contiene las respuestas esperadas por los estudiantes.

Además, puede pensarse en algunas situaciones que puedan resultar de interés para los estudiantes como, por ejemplo:

1. A través de la concepción de cada uno de los autores planteados, pueden pensarse sobre si los animales perciben el tiempo y si sí, cómo lo hacen.

O incluso algunas situaciones con relación a eventos rigurosos y debatidos no hace mucho como la siguiente:

2. A través de las concepciones previamente descritas, para cada autor ¿Cómo podría dar cuenta del tiempo previo al Big Bang?

Estas situaciones ejemplo se proponen por su evidencia (con los animales) la segunda sobre un tema tanto fantasioso como interesante.

De tal manera se evidencia que cualquier situación puede abordarse, pues las concepciones al ser tan distintas dan pie para poder pensar una misma situación de diferentes maneras.

3.3 Reflexiones Finales

A modo de cierre, el diseño de las actividades propuestas en este capítulo (el juego de roles sobre *el misterio del tiempo* y los diagramas comparativos) permiten articular las concepciones históricas abordadas en los capítulos I y II con una propuesta de enseñanza orientada en una mayor reflexión y profundización conceptual.

En ambos casos, el propósito fue visibilizar que el tiempo, más que una simple variable dentro de las ecuaciones físicas constituye una construcción tanto teórica como cultural que ha sido cambiante a través de múltiples interpretaciones.

De las actividades se espera que puedan servir como un acercamiento para los estudiantes sobre la concepción temporal y pueda entresverse que el tiempo lejos de ser una t , ha ofrecido gran variedad de ideas desde las concepciones de grandes pensadores, lo que se buscó al proponer estas actividades fue un compromiso con la pedagogía como futuro docente, además de realizar y ofrecer una visión con profundidad conceptual, rechazando el reduccionismo simbólico que le arrebatara el valor conceptual a algunos conceptos y hace que la física se vea puramente mecánica. La postura acogida frente a la problemática es crítica y más que todo reflexiva, pues el tiempo al ser tan importante se toma como una variable en la enseñanza, como una transmisión de datos, y si bien es importante la resolución mecánica de ecuaciones y abordar las leyes de la física, se considera necesario desarrollar una conciencia social y una comprensión profunda (al menos medianamente) sobre orígenes conceptuales.

CONCLUSIONES

Este trabajo exhibió que ninguna concepción del tiempo existe aislada por sí sola, que en cada época se lo ha interpretado desde sus preocupaciones y necesidades culturales; por ejemplo: en Aristóteles, el tiempo fue el número del movimiento; en Agustín, el enigma del alma al interior del individuo; en Newton, el escenario absoluto de las divinidades y en Leibniz, la armonía relacional que da forma al devenir, puede verse que en cada una de esas posturas, subyace el contexto social y cultural que influyeron y ayudaron a moldear cada una de las propuestas de estos genios, aunque en el contraste entre todas ellas se expresa algo mucho más profundo: el tiempo no es una entidad que se posee, algo tangible, sino más bien, una forma de pensar el cambio, una ventana con miras a la naturaleza desde la perspectiva de quien lo percibe, aunque en la enseñanza esté centrada en las ecuaciones donde se reduce a una simple "t" donde se empobrece el pensamiento y se pierde esa bella e interesante historia que sostiene este concepto.

Una de las conclusiones a exponer concierne sobre las concepciones de Newton y de Leibniz, pues resulta increíble el impacto que implica la contrariedad de ambas posturas, nacen de lo mismo, de una de esas preguntas que quitan el sueño y se desarrolla con respecto a su contexto, a su cultura, ambos de diferentes territorios, influidos por diferentes autores, diferentes corrientes pero cada una de sus propuestas, tan plausibles como increíbles resultan contrarias y aun así logran satisfacer y sostener las ideas que las relacionan en cada una de las propuestas de sus ideas expuestas. La indagación realizada permite conocer no solo lo que dicen eventualmente los libros o las referencias secundarias donde se describe las concepciones temporales sin más, de hecho, ese aspecto resulta una problemática reconocida al momento de recopilar la información, pues además de ignorar el tiempo relativo de Newton, puesto que por lo general se menciona únicamente el absoluto con fines de exhibir mayores contrariedades que pueden ser más evidentes al momento de comparar posturas, también se deja de lado las primeras ideas, el nacimiento de cada concepción, solo se habla de su resultado, tanto tiempo absoluto e independiente como en Leibniz, tiene relacional, sin más, lo cual lo cual no ofrece la contextualización necesaria que tan importante resulta para tratar de comprender lo que planteaban estos autores.

El tiempo en el aula puede ser el puente que logre conectar la física tan lejana como se presenta con la propia experiencia, conectar el cálculo y la pregunta, la precisión del método con la incertidumbre del pensamiento, pues al comprender la historia del tiempo y su constante redefinición implica también conocer esa persistente renovación conceptual donde se ha tratado de dar respuesta a interrogantes de tal magnitud con episodios contrarios como los expuestos

durante el documento, pues en cada época abordada hubo varias posturas y rara vez coincidían, incluso muchas de ellas contemporáneas y con bastantes diferencias, allí se revela que la ciencia no avanza destruyendo ideas, sino tejiendo esas tensiones plausibles con el fin de obtener respuestas que se acomoden a la realidad como se percibe, por eso, enseñar física no debería limitarse a resolver problemas prácticos, sino que también a reconocer los dilemas que dieron origen a esos conceptos, esas variables, esas fórmulas mismas.

Desde la perspectiva de este futuro docente, que disfrutó de poder aprender, conocer e informarse con respecto a este concepto para luego proponer una herramienta pedagógica a través de un análisis comparativo de las diversas concepciones, desde donde se concluye que resulta imperativo realizar una transposición didáctica reflexiva en la enseñanza de la física para que los saberes no se traduzcan y se presenten mecánicamente. Además, el estudio documental permitió advertir que la física, cuando se humaniza (como docentes no se educan meros científicos, se educan personas dentro de una sociedad) permite llevar a los estudiantes a comprender que esas fórmulas nacen de preguntas humanas, nacen de la duda, del error, de una mirada positiva de la vida y del mundo, pues dentro de la física la recuperación de un trasfondo más allá de una ecuación demuestra que no es lujo de seres magnificados o de célebres figuras del pasado, sino una necesidad educativa, pues tanto como estudiante y como futuro docente, se reconoce que el aprendizaje se puede narrar con su historia, porque se vuelve significativo conocer y entender que cada teoría fue una aventura del pensamiento y de una necesidad, de una postura y de múltiples miradas.

Así, esta monografía se convierte en una invitación a mirar el tiempo no como un dato, sino como un camino, a que la física y su enseñanza no se trata de una recopilación de variables, leyes y fórmulas que se sacan de una caja y se aplican a un problema o a un fenómeno, sino que puede entrecerse como un sendero abierto a interpretaciones, porque enseñar sobre el tiempo, en última instancia, es enseñar a habitar el cambio, a entender que el conocimiento también transcurre y que el aprender es un acto temporal. Además, puede concluirse con una enseñanza más profunda al inferir que no hay una única manera de medir el tiempo, como no hay una única forma de pensar el mundo, pues existe el tiempo de los relojes, el tiempo de la mente, el tiempo del alma, el tiempo de las teorías, el tiempo de Dios y todos ellos comparten la mesa.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriana Tub. (4 de octubre de 2015). *clepsidra ctesibius [Fotografía]*. Obtenido de Adriana Tub: https://www.youtube.com/watch?v=Nf_krPIUWvA
- Aguayo, M. H., Nova, R. F., & Mijic, F. (2011). *Física II (Santillana)*. Obtenido de es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/slideshow/fisica-ii-santillana/21857873>
- Arons, A. B. (1996). *Teaching Introductory Physics*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Ayala, M. M. (1992). La enseñanza de la física para la formación de profesores en física. *Universidad Pedagógica Nacional*.
- Ballen, M. B., & Suárez, F. L. (2011). *Hipertextos Santillana*. Obtenido de WordPress.com: <https://conpoliticse.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/06/hipertexto-santillana-fisica.pdf>
- Bernabé, A. (2008). *Fragmentos presocráticos. De Tales a Demócrito*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Camacho, M. A. (2018). El Aprendizaje por Proyectos, una propuesta para la comprensión de la relación entre Espacio y Tiempo. *Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física*.
- Castillo, J. C. (2011). Reflexiones sobre el tiempo en la física. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 149-181.
- Chevallard, Y. (1991). *La Transposición Didáctica: Del Saber Sabio al Saber Enseñado*. Buenos Aires: La Pensée Sauvage. (Obra original publicada en 1985)
- Dewey, J. (2004). *Experiencia y Educación*. (L. Luzuriaga, Trad.) Madrid, España: Biblioteca Nueva, S. L. (Obra original publicada en 1938)
- Freire, P. (2005). *Pedagogía del Oprimido* (2 ed.). (J. Mellado, Trad.) México D.F., México: Siglo XXI Editores S.A. (Obra original publicada en 1968)
- Gonzalo, J., Vincent, G., & Miriam, P. (2017). *Una Filosofía de la Educación en el siglo XXI*. Madrid, España: EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.
- Granés, J. (2005). *Isaac Newton. Obra y contexto: una introducción*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Guardaño, A. D. (2018). *Newton y la ley de la gravedad*. Barcelona: RBA Colecciones, S.A.
- Hawking, S. (2011). *Historia del Tiempo*. (M. ORTUÑO ORTÍN, Trad.) Madrid, España: Alianza Editorial.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning About Science*. Rotterdam, Países Bajos: SensePublishers.

- IBANEZ, E. R. (2017). LOS CONCEPTOS DEL ESPACIO-TIEMPO ENTRE NEWTON Y EINSTEIN PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. *Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.*
- Kroemer, G., & López-Otín, C. (2020). *El Sueño del Tiempo*. Barcelona, España: Planeta, S. A.
- Leibniz, G. (1983). *Nuevos Ensayos Sobre el Entendimiento Humano* (Segunda ed.). Madrid, España: Alianza. (Obra original publicada en 1765)
- Leibniz, G., & Clarke, S. (s.f.). *Correspondencia Leibniz - Clarke*. (J. Beltrán, Ed., & J. Beltrán, Trad.) Obtenido de wikidot: <http://juliobeltran.wikidot.com/emt:leibniz1715a>. (Obra original publicada en 1717)
- Los editores de la Enciclopedia Británica. (s.f). *Ctesibio de Alejandría [Fotografía]*. Obtenido de Encyclopaedia Britannica: <https://www.britannica.com/biography/Ctesibius-of-Alexandria>
- MEN, M. d. (Mayo de 2006). *Estándares Básicos de Competencias*. Obtenido de Ministerio de Educación Nacional de Colombia: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Mendoza, M. A. (julio-diciembre de 2005). LA TRANSPOSICION DIDÁCTICA: HISTORIA DE UN CONCEPTO. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1(1), 83-115.
- Moody, J. W. (2017). *Caminos convergentes hacia la verdad : Las conferencias Summerhays sobre ciencia y religión*. Independently published.
- Moreno, D. M. (2018). El Descartes de Spinoza. *Laguna. Revista de Filosofía*, 42, 29–46. doi:<https://doi.org/10.25145/j.laguna.2018.42.002>
- Newton, I. (1982). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. (A. Escotado, Trad.) Madrid, Inglaterra: Editora Nacional. (Obra original publicada en 1687)
- Pardo, J. A. (2013). Apuntes sobre la teoría del cambio conceptual. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Quintero, E. D. (2023). El Tiempo desde una Perspectiva de la Física Clásica en Relación con la Energía y sus Transformaciones. *Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.*
- Ramírez, R., & Villegas, M. (1989). *Física 11 (Investiguemos)*. Obtenido de es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/slideshow/libro-fisica-investiguemos-11/77178063#2>
- Reichenbach, H. (1959). *El sentido del tiempo*. México, D.F.: Plaza y Valdés Editores. (Obra original publicada en 1956).
- Rivas, M. A. (2018). Noción del Espacio y Tiempo en Estudiantes de Grado Sexto. *Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.*

- Romero, E. S. (2020). La noción de Tiempo: Caracterización y Construcción del Instrumento y su Unidad de Medida. *Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física*.
- Romero, F. G. (2015). *Leibniz*. RBA Coleccionables, S.A.
- Rovelli, C. (2017). *El Orden del Tiempo*. (F. J. Mena, Trad.) Ciudad de México, México: Titivillus.
- Sibilia, G. (06 de 12 de 2023). Algunas notas sobre la cuestión de la temporalidad en Descartes. *Tópicos, Revista de Filosofía*, 68, 425–459. doi:<https://doi.org/10.21555/top.v680.2454>
- Sibilia, G. L. (11 de Noviembre de 2013). *SciELO*. Obtenido de El itinerario de Spinoza en 1663. Algunos problemas relativos a la temporalidad en los principios de filosofía de descartes, los pensamientos metafísicos y la "carta sobre el infinito": http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-46882014000100002
- Sorabji, R. (1983). *Time, Creation and the Continuum: Theories in Antiquity and the Early Middle Ages*. Londres: Duckworth. Obtenido de <https://archive.org/details/richard-sorabji-time-creation-and-the-continuum-theories-in-antiquity-and-the-early-middle-ages/page/n1/mode/2up>
- Spinoza, B. (1988). *Tratado de la reforma del entendimiento. Principios de filosofía de Descartes. Pensamientos metafísicos*. Madrid: Alianza. Obtenido de <https://archive.org/details/spinoza-tratado-de-la-reforma-del-entendimiento.-principios-de-filosofia-de-desc/page/6/mode/2up> (Obra original publicada en 1644)
- Triana, A. M. (2018). La Enseñanza del Tiempo y la Historia en la Educación Infantil. *UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL, FACULTAD DE EDUCACIÓN, DEPARTAMENTO DE PSICOPEDAGOGÍA*.
- Trivizol, L., & Figueirôa, S. (2024). Irreversibility and time: historicizing the second law of thermodynamics for science education. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 41, 364 - 391. Obtenido de http://researchgate.net/publication/384564426_Irreversibility_and_time_historicizing_the_second_law_of_thermodynamics_for_science_education/citation/download
- Universidad Pedagógica Nacional, F. d. (s.f.). *Plan de estudios – Licenciatura en Física*. Obtenido de Facultad de Ciencia y Tecnología – Universidad Pedagógica Nacional: <https://cienciaytecnologia.upn.edu.co/plan-estudio-lfi>
- Van Fraassen, B. C. (1978). *INTRODUCCIÓN A LA FILOSOFÍA DEL ESPACIO Y DEL TIEMPO*. Barcelona, España: EDITORIAL LABOR, S. A.
- Wieman, C. (30 de Abril de 2017). *Why Not Try a Scientific Approach to Science Education?* Obtenido de The Magazine of Higher Learning: <https://www.learntechlib.org/p/100451/>

Wikipedia. (12 de diciembre de 2006). *Anaximandro [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre :
<https://es.wikipedia.org/wiki/Anaximandro#/media/Archivo:Anaximander.jpg>

Wikipedia. (11 de noviembre de 2006). *Aristóteles [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Aristóteles#/media/Archivo:Aristotle_Altemps_Inv8575.jpg

Wikipedia. (24 de octubre de 2006). *Platón [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Platón#/media/Archivo:Plato_Pio-Clemetino_Inv305.jpg

Wikipedia. (18 de septiembre de 2007). *René Descartes [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/René_Descartes#/media/Archivo:Frans_Hals_-_Portret_van_René_Descartes.jpg

Wikipedia. (26 de septiembre de 2008). *Boecio [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Boecio#/media/Archivo:Boethius_initial_consolation_philosophy.jpg

Wikipedia. (5 de diciembre de 2008). *Galileo Galilei [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei#/media/Archivo:Justus_Sustermans_-_Portrait_of_Galileo_Galilei,_1636.jpg

Wikipedia. (29 de septiembre de 2010). *Reloj de Arena [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Reloj_de_arena#/media/Archivo:Wooden_hourglass_3.jpg

Wikipedia. (8 de diciembre de 2011). *Heráclito de Elea [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Heráclito#/media/Archivo:Heraclitus_b_4_compressed.jpg

Wikipedia. (1 de septiembre de 2012). *Orígenes de Alejandría [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Orígenes#/media/Archivo:Origen3.jpg>

Wikipedia. (22 de febrero de 2012). *Reloj de Fuego [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre: Wikipedia

Wikipedia. (3 de abril de 2014). *Plotino [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
[https://es.wikipedia.org/wiki/Plotino#/media/Archivo:Ritratto_di_plotino,_da_ostia,_terme_del_filosofo,_250-300_ca._\(museo_arch._ostia\).JPG](https://es.wikipedia.org/wiki/Plotino#/media/Archivo:Ritratto_di_plotino,_da_ostia,_terme_del_filosofo,_250-300_ca._(museo_arch._ostia).JPG)

- Wikipedia. (29 de abril de 2016). *Baruch Spinoza [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
[https://es.wikipedia.org/wiki/Baruch_Spinoza#/media/Archivo:Hirszenberg,_Spinoza_wyklêty_\(Excommunicated_Spinoza\),_1907.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Baruch_Spinoza#/media/Archivo:Hirszenberg,_Spinoza_wyklêty_(Excommunicated_Spinoza),_1907.jpg)
- Wikipedia. (21 de marzo de 2017). *Gottfried Leibniz [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Leibniz#/media/Archivo:Gottfried_Wilhelm_Leibniz,_Bernhard_Christoph_Francke.jpg
- Wikipedia. (17 de junio de 2017). *Isaac Barrow [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Isaac_Barrow#/media/Archivo:Isaac_Barrow_by_Mary_Beale.jpg
- Wikipedia. (15 de julio de 2019). *San Agustín de Hipona [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Agustín_de_Hipona#/media/Archivo:Sant'Agostino_d'Ippona.jpg
- Wikipedia. (12 de diciembre de 2019). *Zenón de Elea [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
[https://es.wikipedia.org/wiki/Zenón_de_Elea#/media/Archivo:Portretbuste_van_Zeno_van_Elea_Paradigmata_graphices_variorum_artificum_\(serietitel\),_RP-P-1907-4495.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Zenón_de_Elea#/media/Archivo:Portretbuste_van_Zeno_van_Elea_Paradigmata_graphices_variorum_artificum_(serietitel),_RP-P-1907-4495.jpg)
- Wikipedia. (5 de enero de 2022). *Isaac Newton [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton#/media/Archivo:Portrait_of_Sir_Isaac_Newton,_1689.jpg
- Wikipedia. (22 de junio de 2024). *Parménides de Elea [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
[https://es.wikipedia.org/wiki/Parménides_de_Elea#/media/Archivo:Busto_di_Parmenide_\(cropped\).jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Parménides_de_Elea#/media/Archivo:Busto_di_Parmenide_(cropped).jpg)
- Wikipedia. (2 de junio de 2025). *Santo Tomás de Aquino [Fotografía]*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/wiki/Tomás_de_Aquino#/media/Archivo:St-thomas-aquinasFXD.png