



ANÁLISIS DE CORTE HISTÓRICO DE LA CONSERVACIÓN DE MOMENTUM
DESDE LA VISIÓN DE RENÉ DESCARTES: UN ESTUDIO PARA LA ENSEÑANZA
DE LA MECÁNICA

ANDREA CAROLINA MARTIN BAUTISTA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA EN FÍSICA

ASESOR

JUAN CARLOS CASTILLO AYALA

LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ D.C

2022

Contenido

Introducción	5
CAPÍTULO I. CONTEXTO PROBLEMÁTICO	7
Planteamiento del problema	7
Pregunta problema	13
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos específicos.....	13
Justificación	14
Antecedentes	15
CAPÍTULO II. RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES COMO ENFOQUE DE ENSEÑANZA PEDAGÓGICA Y METODOLOGÍA INVESTIGATIVA	17
Metodología	17
Recontextualización de saberes	18
La importancia de la historia en los procesos de recontextualización de saberes: como enfoque de enseñanza pedagógica para el docente en la enseñanza de la física.....	19
CAPÍTULO III. RECORRIDO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA NOCIÓN A TRAVÉS DE RENÉ DESCARTES.....	23
Inicio de una visión	23
La revolución científica y el método cartesiano	26
El dualismo cartesiano y su concepción metafísica	28
La materia y el vacío	30
Teoría de los torbellinos	32
Dios como principio natural	33
Mecanicismo cartesiano	35
Leyes de la naturaleza cartesiana	37
Formulación de las leyes de la naturaleza cartesiana.....	38
Cantidad de movimiento	41
Conservación de la cantidad de movimiento	41
Conservación a la cantidad de reposo.....	42
Consideraciones finales de la recontextualización histórico-conceptual de Descartes para la enseñanza	45
CONCLUSIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49

Introducción

En la enseñanza de la física, se evidencian algunas problemáticas con respecto a la manera como se aborda temas o conceptos, como el momentum y su principio de conservación, suele presentarse como una serie de definiciones y ecuaciones que deben memorizarse, de tal manera que los estudiantes no les permiten solucionar los ejercicios planteados en los textos, pero sobre todo, comprender físicamente su significado, ya que al hacer énfasis en los ejercicios no posibilita ver la relación de éstos con los conceptos ni con el dominio fenomenológico de la teoría (Gil Pérez ,1988).

Sin embargo, “en otros casos se va más allá de la comprensión y uso adecuado de la teoría y se destaca como una gran dificultad el excesivo énfasis que se hace en la formulación matemática de la física, que hace que la “comprensión” de la física se confunda con la habilidad de interpretar las expresiones matemáticas, manipularlas y hacer uso de ellas para resolver ejercicios, y que se deje de lado el análisis y la lógica conceptual de los planteamientos teóricos” (Gill, A. 2000. Pág., 3); es decir que se desarrollan habilidades metódicas y no comprensivas como lo requiere la física, para entender conceptos tan complejos como lo es el momentum y su conservación.

En el caso de la mecánica, su enseñanza suele estar centrada en las leyes, algunos conceptos y en las ecuaciones que sintetizan las teorías físicas; por lo cual, es muy poco el énfasis que se hace de los fenómenos u objetos de estudio. Además, las situaciones en su mayoría hacen referencia a sistemas idealizados que poco tienen que ver con la experiencia que los estudiantes tienen acerca de los fenómenos mecánicos. (Ayala, Malagón, & Romero, 1998).

Con miras a dar solución a estas situaciones de poca comprensión que se dan en el aula, sería importante que además de dichos contenidos, se presentaran reflexiones en torno a los problemas de conocimiento, fenómenos y objetos de estudio que están a la base de las teorías, leyes y conceptos de la mecánica que se enseña.

En este sentido, este trabajo va orientado a la enseñanza de la conservación de momentum, de acuerdo con los planteamientos de Descartes, con un enfoque de recontextualización saberes, mediante un estudio de corte histórico-conceptual.

Es así, que el presente trabajo se expone en tres capítulos. En el primer capítulo se manifiesta la problemática de la enseñanza de la mecánica, a propósito de la comprensión del concepto de momentum; además, muestra la alternativa de esta comprensión por medio del uso de la historia de las ciencias en relación con el enfoque de la recontextualización de saberes.

En el segundo capítulo, se hace una reflexión del uso y la importancia del enfoque de la recontextualización de saberes en la enseñanza y del papel del docente, además, de la importancia de los textos originales, en relación con el reconocimiento de los problemas del conocimiento y la estructuración de explicaciones que han hecho los científicos, para aportar elementos a la construcción del conocimiento en ciencias de los maestros y estudiantes.

En el tercer capítulo, se presenta la parte histórica del trabajo y la perspectiva que tenía el filósofo natural René Descartes en relación con la conservación del momentum, anexo a esto, se tratará tres de sus obras; las cuales son: “*El mundo o tratado de la luz (1629)*”, “*Los principios de la filosofía (1644)*” y “*El discurso del método (1637)*”, de manera que se entienda y comprenda toda esta visión cartesiana que se dio en el siglo XVII.

Y, por último, unas consideraciones finales en cuanto a la importancia de este trabajo; los aportes significativos que hizo Descartes en su época en relación a la ciencia, más específicamente la noción de la conservación de momentum, y lo indispensable de la historia de las ciencias en el aprendizaje en física.

CAPÍTULO I. CONTEXTO PROBLEMÁTICO

Planteamiento del problema

El principio de conservación de momentum es una ley fundamental de la mecánica, en la cual se afirma que la conservación de una cantidad física consiste en que dicha cantidad se mantiene constante independientemente de los cambios que el sistema tenga; sin embargo, la conservación no solamente implica que estas magnitudes se mantengan constantes, sino que cualquier variación de éstas, en el sistema o una parte del mismo, sean causadas por la interacción de éste con el exterior o de una parte con otra, de tal manera que los cambios en estas magnitudes se vean compensados en dicha interacción, aspectos que están relacionados con el principio de causalidad. En mecánica, hay tres cantidades fundamentales que están vinculadas con principios de conservación: el momentum, la energía y el momento angular, estas tres cantidades están relacionadas con la medida del movimiento y los cambios que en dicha medida se den, particularmente, el momentum y su conservación resultan muy significativos para dar cuenta del movimiento y los cambios del movimiento de un sistema mecánico.

Por otra parte, el principio de conservación del momentum, en la enseñanza tradicional de la mecánica se suele referenciar trabajos como el de Galileo G, Leibniz, Newton y Descartes, entre otros; aunque en los trabajos de Galileo, Leibniz y Newton, es posible intuir la idea del momentum como una cantidad física que se conserva, dichos trabajos no presentan un principio de conservación ni definen el momentum explícitamente. Quien plantea de manera explícita el principio de conservación de momentum y define esta cantidad física es Descartes. De esta manera, es posible ver como a través de los trabajos de Galileo, Newton, Leibniz y Descartes tratan el movimiento de los cuerpos en relación con diferentes conceptos de inercia, fuerza, y cantidad de movimiento respectivamente.

No obstante, este principio de conservación de momentum, está relacionado con el principio de causalidad; se refiere principalmente a la existencia de una relación y una vinculación entre dos fenómenos o estados físicos. La naturaleza de este tipo de relación puede especificarse de diversos modos: como «circunstancias que acompañan» a un

fenómeno, «fenómenos contiguos» a un estado físico, etc. No se expresa en esta acepción de la causalidad ni la idea de una necesidad intrínseca, ni tampoco la de un determinismo unívoco¹. En otras palabras, lo que se quiere significar es la idea de una dependencia de un fenómeno con respecto a otro, esta dependencia viene especificada a través de leyes de la naturaleza que se expresan matemáticamente. Moreno R. (1977). En palabras de Max Born:

«La causalidad postula que hay leyes por las cuales el acontecer de una entidad B de una cierta clase depende del acontecer de una entidad A de otra clase, donde la palabra 'entidad' significa algún objeto físico, fenómeno, situación, o suceso. A es denominada la causa, B el efecto»

Los conceptos de fuerza, inercia y cantidad de movimiento, generalmente son asociados a la perspectiva newtoniana de la mecánica pues se fundamentan en el análisis temporal del movimiento y en la idea de homogeneidad e isotropía² del espacio; el último por su parte, surgió de perspectivas paralelas a la newtoniana caracterizadas, en términos generales, por analizar el movimiento desde el punto de vista espacial y asumir una homogeneidad en el tiempo. Los fundamentos en los que se basan estos principios -las concepciones de espacio y tiempo- son, por lo tanto, complementarios y su enseñanza contribuiría a fortalecer en los estudiantes la construcción de modelos explicativos y predictivos para el análisis de los fenómenos mecánicos, incluso pueden llegar a ser extendidos y aplicados a otras ramas del saber³. Con esto, es necesario explicar los fundamentos teóricos de los principios, ya que contribuye a “*fortalecer en los estudiantes la construcción de modelos explicativos y predictivos para el análisis de los fenómenos mecánicos*” (Ibíd.).

Sin embargo, en los cursos de mecánica se suele mostrar la “*ilustración matemática*” de cómo actúa el principio de conservación, mas no, el sentido que conlleva este principio de conservación.

A continuación, un ejemplo típico que se muestran en las clases de mecánica frente conservación del momento lineal.:

¹ Tomado de: Moreno R (1977). Significación filosófica de la causalidad en la física contemporánea. Pág. 145.

² Newton, I., *Philosophia e naturalis principia mathematica*, Caracas, Imprenta Universitaria, UCV, 1978

³ <https://appsia.utadeo.edu.co/pda/pags/es/anyo2019IS/asignaturas/plan0504/asig3055.html>

Como es sabido, para que cambie el momento de un objeto, hay que emplear un impulso, impulso que se produce por una fuerza. Así que, hay un agente externo que ejerce el impulso, las fuerzas internas no se consideran. Cuando la fuerza neta es cero, el impulso neto es cero, por eso, no hay ningún cambio total del momento lineal. Siendo así, se puede afirmar que, si sobre un sistema no se ejerce fuerza neta, el momento total del sistema no se puede cambiar.

Entonces, podemos considerar un sistema mecánico formado por dos partículas que se relacionan entre sí, pero que están aisladas de los alrededores, y que ejercen fuerzas entre ellas, sin considerar otras fuerzas externas al sistema. Los momentos de las partículas en cierto instante t son P_1 y P_2 , F_{12} es la fuerza realizada por la partícula 2 sobre la 1 y F_{21} es la fuerza ejercida por la partícula 1 sobre la 2.



Figura 1: Autoría propia

En efecto, se aplica la segunda ley de Newton para cada partícula:

$$F_{12} = \frac{dP_1}{dt} \quad \text{y} \quad F_{21} = \frac{dP_2}{dt}$$

Por la tercera ley de Newton, F_{12} y F_{21} son un par de acción y reacción, entonces:

$$F_{12} + F_{21} = \frac{dP_1}{dt} + \frac{dP_2}{dt} = \frac{d(P_1 + P_2)}{dt} = 0$$

$$P_1 + P_2 = cte$$

Ahora bien, se concluye, que, la cantidad de movimiento total es constante. Cuando una cantidad física no varía, indicamos que se conserva, por consiguiente, el momento total se conserva. En ningún caso el momento de un sistema varia, si no se ejerce alguna fuerza externa. Esta es una ley fundamental en la mecánica y se conoce como ley de conservación del momento lineal. Pues bien, si se toman los momentos iniciales P_{1i} y P_{2i} y finales P_{1f} y P_{2f} , de las partículas 1 y 2, la conservación del momento viene dada de la siguiente manera:

$$P_{1i} + P_{2i} = P_{1f} + P_{2f}$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

La anterior deducción del principio de conservación del momento lineal fue formulada para dos partículas que interactúan entre sí, se puede demostrar que es válida para un sistema de n partículas y para una distribución continua de masa, aplicada al movimiento del centro de masa del sistema de partículas o de la distribución de masa⁴.

En relación con lo anterior, el ejemplo mencionado tiene que ver con la concepción de causalidad, ya que, este conlleva particularmente a un principio de conservación que se expresa en términos de la magnitud dinámica. En sí, la magnitud dinámica se puede enunciar como función de variable de estado, siendo esta última, una cantidad extensiva, que depende de la masa; en esta magnitud es posible determinar la dinámica del sistema, mostrando como ésta se transfiere de un cuerpo a otro o de una parte del sistema a otra. Entre estas magnitudes dinámicas, podemos encontrar: el momento lineal, angular, entre otras.

Por otra parte, de acuerdo con un estudio realizado por Arboleda, D. Díaz, M. Aguilar, Y. (2011), con un grupo de estudiantes la relación -que ellos tienen- entre causa y efecto, parece que los estudiantes olvidan que toda causa conduce a un efecto y este a su vez otro efecto, asimismo asumen la pérdida de lo que no pueden percibir, dejando como consecuencia, un

⁴ Tomado de: <https://www2.dgeo.udec.cl/juaninzunza/docencia/fisica/cap7.pdf>

sinsentido en sus experiencias, por tanto, aquello que no perciben, sencillamente se destruye y no se conserva. Usualmente los estudiantes aceptan solo la existencia de lo que logran observar. Entonces, la dificultad para aprender física, se debe a que esta parece ser abstracta y difícil de percibir. Además, hay mucho desinterés por parte de los estudiantes y desconocimiento de las bases conceptuales.

En este marco, es menester destacar que los modelos explicativos de los estudiantes son fundados a partir de analogías que le permiten explicaciones válidas en su contexto, empero, se debe reconocer que en varios casos los modelos explicativos pelean con los presentados en la ciencia y de vez en cuando dificultan el aprendizaje de la misma. Por este motivo, en algunas veces “la observación y análisis de los procesos primarios y el intervalo de los eventos, solo se centra en los estados finales del fenómeno, dejando de lado aspectos estructurantes en la ocurrencia de estos”. Arboleda, D. Díaz, M. Aguilar, Y. (2011).

Es por esto, que los intereses en los que se enmarca el trabajo, está en: reconocer los problemas que presentan los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de conservación de momentum y su relación con los fenómenos naturales mediante la transferencia del mismo. Además, plantear soluciones a dichos problemas. Es así que es necesario, realizar una revisión de corte histórico- conceptual de la mano de la recontextualización de saberes, con el fin de que los estudiantes logren percibir la importancia de la historia en las ciencias en los cursos de mecánica, igualmente, que despierten un interés por indagar, investigar, para así poder entender que las creaciones en ciencias no se reducen únicamente a intentar establecer lógicas en la naturaleza, sin embargo, son resultados de unos complejos procesos históricos que dependen de la interacción con el medio social de cada época (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013) y así dar cuenta, de los conceptos y contextos que circulan sobre el significado de conservación, momento lineal y angular en la mecánica.

De esta manera, esta monografía hace énfasis en resaltar la importancia de la historia de las ciencias basándose en texto originales, con la intención de resolver los vacíos conceptuales que se evidencian en los cursos de mecánica, además de mostrar que los conceptos mismos van más allá de una simple formulación y/o ejercicio matemático. Como menciona José Granes y Luz María Caicedo (1997);

“Los textos originales, considerados dentro de contexto cultural y científico en el que fueron producidos, permiten entender los problemas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular. Pueden permitir, además, un acercamiento al proceso que hizo surgir lo nuevo a partir de la situación problemática y, en muchas ocasiones, de las contradicciones y del debate agudo entre posiciones contrapuestas”. (pág. 4).

En relación con lo anterior, es menester abordar una revisión de corte histórico-conceptual de la conservación de momentum desde la visión de René Descartes; favoreciendo una idea más profunda de la disciplina puesto que es muy complicado poder conocer un contenido físico sin entender cuál es la génesis de ese conocimiento. De tal manera, que los estudiantes logren construir un conocimiento que les resulte significativo para comprender más dicho concepto. Asimismo, resaltar la importancia de la historia de las ciencias como un eje relevante en la estructuración de explicaciones y en la construcción de significados, permitiendo así que el docente configure propuestas de enseñanza de las ciencias en donde relacione los problemas de conocimiento planteados en el aula, con las problemáticas que dieron origen a los productos de la ciencia. En palabras de Mach:

“Es evidente la importancia no sólo de conocer la historia de la ciencia, sino su relación con la epistemología, la cual permite contextualizar la historia que subyace a las teorías de una disciplina, y permite promover no sólo la comprensión de lo actual, sino que también proporciona nuevas posibilidades en los modos de significar el conocimiento y los fenómenos físicos, estos últimos con fines didácticos.” (Mach 1883)⁵

Con esto, expreso la siguiente pregunta:

⁵ Tomado de: Arboleda, D. Díaz, M. Aguilar, Y. (2011). “A propósito del principio de conservación de la energía: una propuesta de formalización en la enseñanza de la física desde un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Mayer. Revista Científica. Volumen Extra. Pág. 3

Pregunta problema

¿Qué aspectos del trabajo de Descartes, en relación con la conservación del momentum, aportan argumentos y situaciones de estudio para la enseñanza del principio de conservación del momentum en cursos introductorios de mecánica?

Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un estudio de corte histórico-conceptual, acerca de la conservación de momentum descrita por Descartes, con el fin de proporcionar elementos para la enseñanza del momentum y el principio de conservación del mismo en cursos introductorios de mecánica.

Objetivos específicos

- Hacer un análisis de “El Mundo o Tratado De La Luz” (1629) y “Los Principios De La Filosofía” (1644), con el fin de comprender la noción que en estas obras se da acerca de la conservación de momentum.
- Consolidar aspectos conceptuales y situaciones de estudio acerca del principio de conservación de momentum, desde la perspectiva de Descartes, con la finalidad de establecer criterios de orientación para la enseñanza de la mecánica.

Justificación

El presente trabajo va enfocado desde el estudio de la física, en particular la mecánica como la disciplina base de estudio en los niveles introductorios de la educación.

Por otra parte, algunos autores hacen referencia a la mecánica como una de las más antiguas disciplinas, en la antigüedad se le conocía como la filosofía de la naturaleza, toda vez que buscaba establecer los grandes principios que gobiernan la naturaleza, sus fenómenos y comportamientos, solo hasta el siglo XVII con la revolución científica empezó a surgir como una ciencia moderna, aunque hoy en día sus campos de trabajo parecen no tener límites.

Por otro lado, con este trabajo, en relación con el “proceso de recontextualización, se puede crear un interés por indagar e investigar para dar cuenta de que las creaciones en ciencia no se reducen únicamente a intentar establecer lógicas en la naturaleza, empero, son resultado de unos procesos históricos que dependen de la interacción con el medio social de cada época. Esto, favorece la comprensión más profunda de la disciplina puesto que es muy complicado poder conocer un contenido físico sin entender cuál es la génesis de ese conocimiento” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013).

Así, se espera que este trabajo constituya una alternativa de solución del problema conceptual dicho anteriormente. En palabras de (Ayala, 2013):

“Se asume la recontextualización como un proceso didáctico que posibilita la transformación de los objetos del conocimiento científico en objetos con sentido para la enseñanza y el aprendizaje del contexto actual de conocimiento” (pág.15).

Con la recontextualización de corte histórica-conceptual se pretende la reelaboración de los saberes, conceptos y contextos que circulan sobre el significado de conservación, momento lineal y angular en la mecánica, particularmente se pretende exponer a la conservación de momentum como un hecho indispensable en la mecánica.

Con esto, se busca en primer lugar, dar a entender la importancia que tiene la conservación de momentum dentro del aprendizaje y la enseñanza de la mecánica, en segunda instancia, dar a conocer las aportaciones que hizo Descartes para la física y por último dar a entender la importancia que juega el papel de la historia en las ciencias para la enseñanza.

Antecedentes

A continuación, se muestran algunos trabajos que aportan y están relacionados con los propósitos de esta monografía:

- *Agudelo C. (2015) Orígenes de las leyes de conservación como un principio unificador de las ciencias naturales. El caso de la invariancia de la energía en Física. Facultad de ciencias. Universidad Nacional de Colombia.*

En este trabajo, el autor pretende resolver algunos problemas en torno a la comprensión histórica y epistemológica del surgimiento de las diferentes leyes de conservación y de su relación con los distintos fenómenos de la naturaleza. Dice así:

“Con el fin de obtener una mayor aproximación conceptual sobre el origen de estas leyes, se construye en esta investigación monográfica una recontextualización de los saberes, hechos y experiencias que permitieron a las ciencias naturales de hoy, analizar los fenómenos bajo la lente de las cantidades conservadas en el universo, en particular, desde la perspectiva de la conservación de la energía” (Agudelo C. 2015. Pág. 9)

Con este trabajo, el autor referencia a René Descartes en su tópico “*René Descartes y la conservación de la fuerza motriz (mv)*”, donde muestra la concepción que tenía Descartes con respecto a la cantidad de movimiento.

- *Salinas D. (2018). Análisis de corte histórico para la recontextualización del trabajo del Carnot, acerca de la maquina térmica, en la enseñanza de la termodinámica. Departamento de física: Universidad Pedagógica Nacional.*

Si bien este trabajo no tiene nada que ver en cuanto a la parte “disciplinar” de esta monografía, es pertinente puesto que aporta para la parte de carácter pedagógico, ya que Liceth Salinas hace un recorrido minucioso en cuanto a la importancia de la historia de las ciencias y su aporte a la recontextualización de saberes, con la intención de hacer hincapié a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias.

- *Herrera L (2004). Descartes y el significado de la filosofía mecanicista. Facultad de filosofía y letras UNAM. Artículo revista digital universitaria.*

En este artículo, la autora Leticia Herrera hace un amplio recorrido del autor y su relación con su visión mecanicista. El objetivo de este artículo fue indagar por la dimensión y significado que representan las propuestas de Descartes, en lo que a su física concierne, para la construcción de la concepción moderna del mundo natural.

Este trabajo aporta a la investigación en relación a la parte histórica-conceptual que tenía Descartes con las nociones de vacío, materia y movimiento.

- *Ruiz D. (2012). Descartes y el concepto de las leyes de la naturaleza. Universidad de Antioquia.*

En este trabajo se muestra de manera general el recorrido de como llego Descartes a postular sus leyes, en donde se evidencia los conceptos de movimiento, extensión y materia, además de la ruptura que se da con la física aristotélica, por otro lado, está centrado en el rastreo que se hace de la memoria de René Descartes, permitiendo la comprensión de varias afirmaciones que realiza en su obra.

Dentro del contexto problemático se presentaron algunos de los aspectos y consideraciones generales que se podrían tener en cuenta para la enseñanza del principio de conservación del momentum, con respecto al desarrollo de la investigación de hace uso de la metodología de la recontextualización de saberes, como enfoque de enseñanza pedagógica, la cual es presentada y desarrollada en el siguiente capítulo teniendo presente al contexto de la enseñanza del momentum y de su conservación desde la perspectiva de Descartes.

CAPÍTULO II. RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES COMO ENFOQUE DE ENSEÑANZA PEDAGÓGICA Y METODOLOGÍA INVESTIGATIVA

Metodología

En el marco de la investigación en enseñanza de la física, se ha dejado un poco de lado los aportes que han llegado desde las humanidades, en particular de la filosofía a teorías físicas. En especial, el proceso de construcción de conocimiento sobre las cantidades constantes en la naturaleza, revela el arduo y complicado trabajo de generalización de estas nociones hasta alcanzar la calidad de principios naturales.

Este trabajo instaura una ruta que sirve como aprendizaje de la historia de las ciencias, del principio de conservación de momentum, tomando como base elementos históricos y epistemológicos - tales como las obras originales desde la perspectiva de Descartes.

Es así que, se realizará un estudio de corte histórico-conceptual, del trabajo de Descartes, en relación con la conservación de momentum, con el fin de aportar elementos conceptuales, para plantear situaciones de estudio y argumentos para la enseñanza del principio de conservación de momentum.

De este modo, *“la enseñanza de las ciencias se sitúa como un proceso de recontextualización de saberes, que implica la construcción de criterios de selección de problemáticas, además de tomar y explicar una posición acerca de los fenómenos que intentan estructurar, como también de los aportes que otros han hecho al respecto.* (Castillo. J.2008).

A la postre, un análisis del pensamiento de Descartes, centrando los aspectos relevantes que permiten la construcción de dicho concepto como lo son las ideas de movimiento, velocidad, cuerpo, materia, etc. Para poder dar cuenta un poco del pensamiento del autor, es necesario abordar algunas obras, tales como: *“El Mundo o Tratado De La Luz”* (1633) y *“Los Principios De La Filosofía”* (1644); en estas obras Descartes proporciona una

declaración sistemática de su metafísica y filosofía natural, que representa la explicación general del sistema por el cual rige su mundo.

Así pues, el trabajo se enmarca en un análisis de corte histórico-conceptual, implementando la importancia en el proceso de construcción de conocimiento a partir de cosmovisiones específicas, en este caso Descartes; para la enseñanza de la mecánica.

Recontextualización de saberes

La recontextualización de saberes, se concibe como una actividad que realiza el investigador – en este caso el docente- que, según sus intereses y conocimientos puedan formar un diálogo con los autores de las obras originales de su interés, para poder así buscar elementos para el planteamiento de un problema o una hipótesis, además de la solución de los mismos, también, a la construcción de argumentos. (Ayala ,2006, p.28) La generación de tales condiciones implica hacer consideraciones de diferente índole: en relación al entorno social y cultural del país; en relación al espacio escolar; en relación al desarrollo del conocimiento individual. (Ayala ,2006, p.4) Por esto, los procesos de recontextualización, le dan al docente herramientas en su labor, ya que estos, aumentan su conocimiento y alimentan sus procesos de enseñanza, en especial, la enseñanza de las ciencias.

Es decir, que la recontextualización es un enfoque de enseñanza de las ciencias que transforma y ayuda a la práctica docente y por ello al aprendizaje de los estudiantes, en tanto que permite establecer relaciones entre las problemáticas propias del aula y los productos de la actividad de los científicos, aspecto que aporta al maestro de ciencias elementos y herramientas para la construcción de un conocimiento significativo por parte de los estudiantes y de él mismo.

Es así, que es indispensable que el docente tenga la capacidad y el interés de dar oportunidad a los procesos de recontextualización ofreciéndolos en el aula, además, logre vencer la lucha contra las diferentes limitaciones que se presentan en el contexto escolar, ya que en ocasiones este es un obstáculo para que el docente ofrezca y efectúe procesos de recontextualización, puesto que, como indica Bermúdez, A (2021) que cita a Bermúdez, Hernández & Ruiz. (2018):

“El docente que busca no caer en este encasillamiento y se interesa por preservar la relación entre el estudiante y el conocimiento, muchas veces se ve limitado por los intereses de su institución y rápidamente opta por una adecuación de los libros de texto buscando captar la atención del estudiante y esperando que esto se traduzca en el deseo de aprender”. (pág.13)

Esto significa, que el docente ha tratado reiteradamente de impartir a los estudiantes su nueva forma de conocimiento con el fin de acumular nuevos conocimientos en los estudiantes, empero, encuentra un obstáculo y es, la institución, que en la mayoría de los casos se enfoca en los resultados de las pruebas estandarizadas, y no en iniciar nuevas estrategias que permitan ayudar a los estudiantes a razonar y a ser críticos. Así que, solo le queda seguir impartiendo la clase de manera absoluta. Aquí es, donde la recontextualización debe intervenir y cumplir con las expectativas del docente y las instituciones educativas. De esta manera, permitir que los estudiantes adquieran conocimiento y, lo más importante, que puedan analizarlo críticamente, con el fin de crear conocimiento propio; que en este caso sería: recontextualización de saberes.

Lo realmente sorprendente de construir conocimiento no es solo que el estudiante adquiera y domine un tema, sino que el estudiante pueda analizar el conocimiento construido a partir de diferentes contextos y tener diferentes puntos de vista, esto le permite ver que lo que ha aprendido es útil, y así poder llegar a relacionarlo con su experiencia. Cuando un tema se traslada de un contexto a otro de manera significativa, se denomina recontextualización.

En suma, se puede decir que la recontextualización de saberes es en sí un proceso de investigación, dado que, se necesita plantear una idea o situación problema para encontrar diversas hipótesis sobre esta, para así plantear una posible solución analizando dicha solución.

La importancia de la historia en los procesos de recontextualización de saberes: como enfoque de enseñanza pedagógica para el docente en la enseñanza de la física

La enseñanza de la física en los diferentes niveles de la educación formal se realiza, hoy en día, sobre la base de libros de texto y otros materiales especialmente preparados para la enseñanza. Las obras originales de los creadores de las grandes teorías sólo se mencionan ocasionalmente como referencias puntuales de “cultura general”. Esta forma de enseñanza tiene una razón de ser. Un libro de texto presenta en la forma más articulada y coherente posible un determinado paradigma científico, tal como éste es aceptado modernamente por la comunidad académica respectiva. (Ayala ,2006, p.4)

Esto conlleva, a que se genere una dificultad en la enseñanza de la física, y es que, la comprensión lograda por los estudiantes de los conceptos, leyes o teorías que se enseñan no les permiten ya sea solucionar correctamente los ejercicios planteados en los textos o por el profesor, (GIL PEREZ et al., 1988), o dar cuenta de los fenómenos que están inscritos en el dominio fenomenológico de la teoría (MOREIRA et al., 1988). También, en otros casos se va más allá de la comprensión y uso adecuado de la teoría y se destaca como una gran dificultad el excesivo énfasis que se hace en la formulación matemática de la física, que hace que la “comprensión” de la física se confunda con la habilidad de interpretar las expresiones matemáticas, manipularlas y hacer uso de ellas para resolver ejercicios, y que se deje de lado el análisis y la lógica conceptual de los planteamientos teóricos. (Gill, 2000, p. 3).

Es por ello, la importancia del enfoque de enseñanza de la recontextualización de saberes, puesto que, facilita una apropiación significativa de los elementos centrales del tema de estudio, llegando a la comprensión de los principios y conceptos, además, del dominio de las formas de argumentación, para así, resolver los problemas significativos del tema de estudio.

Y para ello, hay que partir de las fuentes, de los textos originales; de la historia. Esto facilita una mayor comprensión de los conceptos del tema de estudio, que, como todo, tuvieron un génesis y un proceso de desarrollo. Con esto me remito a Ayala (2006) dice:

“Hacer uso de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias, abre ese camino en el que se puede interactuar con los contextos de producción de conocimiento y enseñanza de ese conocimiento, para que así favorezca un escenario de comprensión por parte de los estudiantes en cuanto al pensamiento científico, se cree un espacio de significación y sentido para el estudiante y se considere la física

como una relación permanente con la naturaleza y con los fenómenos naturales a los que responde”(pág. 6)

En otras palabras, el uso de la historia en la enseñanza de la física, sirve como un rescate de argumentos en las explicaciones, acercamiento a los fenómenos y teorías científicas; favoreciendo la reflexión sobre los fenómenos de estudio, que dieron paso a toda esa idealización que se formó en los hallazgos de la ciencia, asimismo, como soporte para la elaboración de propuestas didácticas en el aula.

Por consiguiente, es menester reflexionar sobre la visión a la cual el docente quiere acercarse al conocimiento, una visión de procesos de construcción en el aula, el rescate de conceptos, de argumentos en el estudio histórico de documentos de divulgación científica; de una dinámica donde se critique todo aquello que se está aprendiendo. De igual modo, permite reflexionar sobre los vacíos epistemológicos que se presenta regularmente en el manejo de una noción.

Así pues, el proceso de recontextualización de saberes en la enseñanza de la física, puede ser entendida como un cierto “análisis histórico que posibilita los procesos de significación y construcción de sentidos, cuyas fuentes se encuentran tanto en los planteamientos que los científicos han desarrollado en torno a las problemáticas y fenómenos que llevaron a la construcción de conceptos y leyes que estructuran las teorías científicas, como en las elaboraciones de aquellos que se encuentran inmersos en la formulación de problemas, construcciones de fenómenos, y estructuración de explicaciones”. (Castillo, 2008, pág. 7)

Como se nombró en el apartado anterior: *la recontextualización sirve como un enfoque de enseñanza* de enriquecimiento al conocimiento. Hay que reconocer al conocimiento como una actividad humana, un proceso realizado en un espacio y tiempo específicos. Desde ese punto se puede pensar la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de propiciar el paso de una forma de ver el mundo a otra (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013)

Es así que, conocer este proceso permite enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones. Posibilita reconocer, con mayor facilidad, que el significado del concepto nunca se agota y que toda decantación es por eso provisional.

Así, si asume “la historia de las ciencias como un elemento muy importante para la enseñanza y la formación de maestros, ya que encuentran en ella un recurso para rescatar las problemáticas y argumentos, posibilitando así ver la ciencia como una actividad donde la racionalidad juega un papel determinante; e incluso están aquellos que ven en el desarrollo de las ciencias un proceso análogo al desarrollo del conocimiento individual, por lo que se acercan a la historia de las ciencias en búsqueda de elementos para la estructuración de actividades tendientes a la enseñanza de alguna teoría o concepto científico”. (Castillo, 2008, p. 4)

Esto permite al lector ponerlo en contexto en función de las necesidades identificadas históricamente. Esta práctica tiene como objetivo construir un discurso sobre las experiencias y la información proporcionada por el estudio de la literatura original, y establecer una relación con el contexto de la enseñanza de las ciencias.

CAPÍTULO III. RECORRIDO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA NOCIÓN A TRAVÉS DE RENÉ DESCARTES

Para poder acercarnos más al concepto de momentum con que operan las ciencias modernas, es necesario conocer el desarrollo histórico del principio de su conservación y conocer parte del contexto histórico en el cual se desarrolló. Para alcanzar los objetivos, se aborda una bibliografía que detalla las herramientas implementadas para su desarrollo. Con esto, este trabajo proporcionara al lector una idea más clara acerca de este tema, por ende, se referencian algunas obras del autor, algunos antecedentes y algunos artículos que contengan dicha información.

Inicio de una visión

Para empezar a tratar el tema que compete, es necesario revisar un enfoque más general acerca del concepto de momentum; su origen y noción que tenían algunos filósofos naturales.

Es así que, el concepto de cantidad de movimiento tuvo una evolución histórica, desde el siglo XIV hasta el siglo XVII. En el siglo XIV William of Ockham⁶ (1285-1347), asignó a los objetos móviles una propiedad responsable del mantenimiento de su movimiento. Así, por ejemplo, una flecha debía transportar lo que él llamo una cierta “carga” (correspondiente a la noción moderna de cantidad de movimiento), cuya posesión aseguraba la continuidad de su movimiento. Esta idea fue defendida posteriormente por su discípulo Jean Buridan⁷ (1300-1358), quien realizó trabajos teóricos en óptica y en mecánica. Formuló una noción de inercia intentando explicar el movimiento con la teoría del ímpetus y, consideró que la “carga” que transportaban los objetos móviles, como proyectiles, debía ser proporcional al peso del proyectil por alguna función de su velocidad. Estas ideas llegaron

⁶ fue un fraile franciscano inglés, filósofo escolástico y teólogo, se considera como una de las principales figuras del pensamiento medieval, además de producir importantes obras sobre lógica, física y teología.

⁷ fue un filósofo escolástico francés y uno de los inspiradores del escepticismo religioso en Europa.

hasta Galileo, Descartes y otros físicos del siglo XVII, que finalmente definieron con precisión el impulso y la cantidad de movimiento⁸.

Ahora bien, entramos a hablar un poco acerca del sujeto que plantea de manera explícita el principio de conservación de momentum y define esta cantidad física.

Este sujeto fue: René Descartes, nace en Francia en el año de 1596 y fallece en el año de 1650. Fue un hombre cuyo propósito era transformar la visión del mundo en aquella época; marcando un hito importante en el siglo XVII en el ámbito científico y filosófico; considerado como el sucesor de la revolución renacentista, del heliocentrismo planteado por Copérnico, de la crítica a la física aristotélica, entre otras, sin duda, un hombre avanzado para su época. Siendo hoy día un referente en la cultura de occidente.



Imagen 1: aspecto ilustrativo de René Descartes. Tomado de: <https://www.filosofia.org/enc/ros/desca.htm>

Para empezar a tratar el sentido que Descartes le da a la noción de conservación y de momentum, es necesario situarnos en la idea que él tenía acerca del ser y la existencia del mismo, – idea que se tratará más adelante en: “*La revolución científica y el método cartesiano*”-. Con esto, él decide dar un giro a la idea que se tenía en la Edad Media y que aún seguía vigente en el siglo XVI e inicios del XVII: en el medioevo, seguía presente la teoría del conocimiento aristotélico, quien lo adopta Santo Tomas De Aquino, este último al igual que Aristóteles, afirman que el conocimiento comienza con la percepción sensible y no puede ejercerse si falta ésta, pero será el entendimiento el que elabore los conceptos a partir de los datos suministrados por la percepción sensible, captando finalmente la esencia

⁸ Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 13, 2, June 2019

o lo universal. Por la cual Descartes decide cambiar esa percepción, concibiendo la razón como órgano específicamente humano y totalmente anclado al sujeto que piensa y en este sentido autónoma, es decir independiente de cualquier marco racional ajeno a la mente misma (Davide E. Datur, 2011, pág. 276). Esto se pudo evidenciar en su famosa obra *“Discurso del método (1637)”*, en donde muestra los pasos y evidencias para llegar a una verdad absoluta por medio de la razón, al crear un método llamado, método deductivo. Es así que, comienza a crear un sistema del mundo, en donde la razón es indispensable.

Con relación a lo anterior, si para Descartes todo es reducible a un proceso lógico y razonable, el mundo está desencantado y la esencia de toda materia es la misma, o sea, el mundo para Descartes es una sustancia inerte que únicamente puede ser entendida en términos de extensión, figura y movimiento. Nieto M (2019). Asimismo, no existía en el universo algo que no tuviese que ver con la materia, sosteniendo con esto que todos los fenómenos naturales son generados por partículas de materia en movimiento. Por demás, sostiene que la naturaleza es una maquina autónoma separada de cualquier intervención o fuerza exterior a ella, lo que presenta un método deductivo de ver el mundo.

También, postuló una ley donde creó todo un sistema del mundo en el que la materia se identificaba con la extensión, y no había lugar para el vacío. Esta ley, es la ley de la conservación del momentum; donde el papel de Dios es de gran importancia en su sistema. A esta ley le dio un significado dinámico relacionado con la posible interacción entre objetos. Escribió:

“Una bala de cañón moviéndose a 100 km/h tiene más “movimiento” que una pelota de tenis moviéndose a la misma celeridad, si comparamos el movimiento que cada móvil puede transferir a otro objeto con el que choque” Sánchez M, (2006). Es decir, Descartes consideró que la cantidad de movimiento individual de un objeto móvil también indicaba su capacidad de influencia sobre otros, cuando interaccionan con ellos.

Para Descartes, la magnitud cantidad de movimiento cumplía un papel esencial en un universo que, según su concepción filosófica, debía funcionar como un mecanismo de relojería – ver más adelante en: *“Mecanicismo cartesiano”*-. Una vez puesta en marcha la

máquina por Dios, se daba por supuesto su funcionamiento. - ver más adelante en: *“Dios como principio natural”*-

De esta manera planteó un precedente del principio de conservación de la cantidad de movimiento, interpretado como una ley necesaria para que la máquina universal no se detenga.

La revolución científica y el método cartesiano

La revolución científica se conoce como el surgimiento de la ciencia moderna, dio lugar aproximadamente entre los siglos XVI y XVII, fue una época relacionada con el uso del método experimental y al desarrollo de las matemáticas.

El giro de Copérnico hacia el heliocentrismo provocó una transformación en astronomía y cosmología; la dinámica y la mecánica completaron este cambio en el ámbito de la física. El método deductivo matemático permitió una alternativa metodológica al escolasticismo y esta relevancia de la matemática influyó en la renovación de la filosofía. En otras palabras, fue una época de cambios trascendentales.

Previo al idealismo de la revolución científica seguía vigente la teoría aristotélica, la cual Descartes refuta, rechazando la diversidad sustancial y las formas intrínsecas que la física aristotélica asignaba a los cuerpos. Como menciona Leticia Rocha (2004): *“Esta era la visión de una naturaleza ordenada, cualitativa, jerárquica, eminentemente intuitiva y sensorial dentro de la cual se postulaban dos órdenes espaciales con sus respectivas características: la materia de los cielos, inmune a toda alteración -y por ello representaba la imagen fiel de lo perfecto y ordenado del cosmos-, y la materia terrenal que, por el contrario, era susceptible a la transformación y descomposición”* (pág. 4). Esta noción resultó incompatible con los elementos matemáticos que representan, que para Descartes, es la razón verdadera⁹.

Y es por esta discrepancia que Descartes decide dar un giro importante, dando un orden de idea más racional con deducciones lógicas y libre de incertidumbre, esto resaltaba el estatus del saber científico, además del aspecto geométrico en la naturaleza, ya que solo las

⁹ Descartes toma como modelo científico las matemáticas con su sistema axiomático y su método deductivo.

matemáticas son verdaderas y evidentes; en palabras de Salvio Turro (1989):” El modo natural en que opera la mente es el mismo que el de las matemáticas; por lo tanto, esta disciplina interpretada de forma amplia, se erigió en paradigma del conocimiento verdadero”. Igualmente, de la objetividad y fundamento de Dios. En otras palabras, pretendía cambiar esa idea a una nueva cosmovisión sobre la realidad.

Es por ello, que rompe con la visión escolástica del medioevo que se tenía por varios siglos, gracias a esta visión, ideó la necesidad de no aceptar ninguna verdad, hasta no estar seguro de que sea cierta; esta idea que planteo se conoce como: la duda metódica. Diseñó un método analítico, descrito en su famosa obra “*Discurso del método (1637)*”, donde, sin duda, se dio una ruptura con la línea de pensamiento anterior a Descartes y dio pie a lo que luego sería el método científico. En palabras de Xiol, J (2015) ” *esta idea planteada, tiene como objetivo la fundamentación radical del conocimiento, la cual consiste en rechazar como inadecuadas todas aquellas creencias de las cuales pueda plantearse alguna duda; la duda prescrita por el mismo método, ofrecía la ocasión para una investigación filosófica verdaderamente crítica, sin presuposiciones de ningún tipo. Partir acríticamente de la religión o de la escolástica heredada ya no podía formar parte de la conciencia filosófica, pero tampoco suponer sin más la validez de las ciencias empíricas nacientes. Era preciso comenzar de nuevo y asegurarse de los fundamentos de todo saber.* (pág. 84)

Conforme con la primera regla del método, debemos dudar y sospechar cualquier creencia, y aceptar solo lo que se justifica de la propia razón, cualquier cosa que no proporcione una seguridad plena, debe ser rechazada en favor de un conocimiento incuestionablemente cierto, más allá de toda duda posible.

Así pues, Descartes afirmaba que todo lo que nosotros sabíamos a partir de la tradición no es verdaderos, decía: no sabemos nada, lo que sí sabemos es lo que pensamos, aunque no sabemos si estamos pensando correctamente, no podemos negar que estamos pensando y esto prueba nuestra existencia. Además, realiza una manera de acceder a la verdad, desde la premisa “*pienso, luego existo*”. Así, esta premisa, se convierte en modelo de toda verdad, en criterio de verdad. Sin duda esta idea nos lleva a Dios: Descartes decía que la idea de Dios es inherente a la mente humana, quiere decir, que en este universo existe un Dios subordinado al pensamiento; él decía que Dios era una idea innata de infinito, ya que no la captamos por

la experiencia, ni puede tampoco surgir de otras ideas, pues de lo finito, no puede nacer lo infinito. Esta razón, es una prueba lógica de la existencia de Dios. En palabras de Descartes:

“Por Dios entiendo una substancia infinita eterna, inmutable, independiente, omnisciente, omnipotente, que me ha creado a mí mismo y a todas las demás cosas que existen, si es que existe alguna. Pues bien, eso que entiendo por Dios es tan grande y eminente, que cuanto más atentamente lo considero menos convencido estoy de que una idea así pueda proceder sólo de mí. Y, por consiguiente, hay que concluir necesariamente, según lo antedicho, que Dios existe. Pues, aunque yo tenga la idea de substancia en virtud de ser yo una substancia, no podría tener la idea de una substancia infinita, siendo yo finito, si no la hubiera puesto en mí una substancia que verdaderamente fuera infinita” ... (Meditaciones metafísicas. 1978. Madrid. Alfaguara)-.

El dualismo cartesiano y su concepción metafísica

Como ya se ha dicho, el método cartesiano, es un sistema comprendido de verdad. Con esta premisa, Descartes postula tres sustancias: Dios, cuerpo y alma, (el ser humano comparte dos de esas sustancias) donde, en este método se centra la base ontológica de Dios, reaparece con toda la cuestión: la separación del mundo en dos órdenes, presentándonos un mundo dualista, esto obliga a explicar la relación de los procesos mentales con los procesos físicos; por un lado, los procesos mentales se designa como “*res cogitans*”, de donde vienen todas las formulaciones matemáticas (este caso concreto de las matemáticas, se ocupa de operar una serie de conceptos o entidades de los que no se puede dudar, ya existan realmente o no: el punto, la línea, la superficie, el volumen, la unidad, el movimiento, etc. En este sentido, parece que la validez de las matemáticas es indudable): las ideas; este no interviene en los procesos físicos, estos pueden ser graficado o calculado, la llamada “*res extensa*”, es decir el mundo material, extenso, lo cuantificable, el cuerpo en sí, finito y determinado. Es por ello, que la representación que tenemos de los objetos, Descartes los piensa a partir de la idea de cuerpo, cuerpos con una serie de propiedades que desplegarían dicha naturaleza: forma, magnitud y cantidad. Exista o no el hombre, estos pueden reducirse a sus partes más simples,

a cuerpos extensos, que ocupan un espacio, y estas nociones no pueden estar ausentes de la mente humana.

A continuación, un recuadro de las tres sustancias y sus respectivas cualidades:

Las tres sustancias		
Dios (<i>res infinita</i>)	Alma (<i>res cogitans</i>)	Cuerpo (<i>res extensa</i>)
Cualidad intrínseca: la perfección.	Cualidad intrínseca: el pensamiento.	Cualidad intrínseca: la extensión.

Imagen II: Autoría propia

Estas dos órdenes están completamente separadas, relación por otro lado necesaria para dar coherencia al resto del sistema y dar posibilidad efectiva al conocimiento del mundo, sin embargo, se comparte en ese ser llamado hombre. Descartes creía que la mente no podía ser una extensión del cuerpo, sino que se encontraba dentro del cuerpo manteniendo la independencia propia de una sustancia, simplemente porque puede concebirse a sí misma con independencia del cuerpo.

Descartes determina que todos los cuerpos y los animales son máquinas, y que responden a sistemas lógicos como el del reloj, excepto los seres humanos, que poseemos mentes, que son una extensión del deseo Divino: el *cogito*¹⁰. Así como Dios es libre, los seres humanos poseemos la libre elección. La materia en cambio, está regida por leyes matemáticas deterministas, está forzada a obedecer ciertos comportamientos. En las leyes de la materia no existe la libre elección que los humanos poseemos por lo que éste debe venir de la “*res cogitans*”: una presencia divina¹¹.

Como es bien sabido, solo opera la lógica y matemática que Dios ha decidido crear, garantizando el entendimiento del mundo fenoménico (*res extensa*), lo cual es concordante con la creación del universo y, por ende, la determinación física del mundo según modelos mecánicos.

¹⁰ Descartes llega a la formulación del cogito prescindiendo totalmente de lo corpóreo, de lo que luego será la materia extensa; el pensamiento es inextenso e independiente de la materia extensa, de las cosas. Blog: la revolución científica y epistemológica (2017)

¹¹ <https://epri.ufm.edu/pensamientocritico/la-revolucion-cientifica-la-epistemologia/>

Por otro lado, Descartes a la extensión en el universo, lo da a entender como la distribución discreta de la materia en partículas de trayectoria geometrizable, precisamente porque la noción metafísica de la *res extensa* encierra la exigencia de matematización del movimiento de las partes de materia¹².

Cabe resaltar, que la noción de naturaleza que plantea Descartes es que las cosas son pura materia o cuerpos extendidos en el espacio, no proviene de los sentidos o de la experiencia, sino que es una concepción estrictamente intelectual, algo que la mente ya comprende en el pensamiento puro.

La materia y el vacío

Como ya se ha mencionado, en el mundo de Descartes no existía algo que no tuviese que ver con la materia, él decía que concebir un espacio sin materia era imposible, además consideraba que no existía espacio fuera del universo. También sostenía que, en su mundo, todos los fenómenos naturales se generan por partículas de materia en movimiento; según él las dimensiones espaciales las denominó extensión y el cambio de estado de una partícula lo llamaría movimiento.

Descartes decía que las propiedades que componen la materia son: el color, la forma y el olor, y decía también que la materia deja de ser materia cuando varía su cualidad o extensión de ocupar espacio. Es así, que el concepto de materia no tiene sentido sin el de extensión, por lo tanto, materia y extensión son una misma cosa. En palabras de Descartes, citado por Leticia Rocha (2004):

“La naturaleza del cuerpo no consiste en el peso, la dureza, el calor o cualidades semejantes sino en la sola extensión. Al proceder así percibiremos que la naturaleza de la materia, o del cuerpo considerado en general, no consiste en ser una cosa dura,

¹² la materia o *res extensa* son expresiones que, en Descartes, y a partir de *El mundo*, designan abreviadamente la representación de lo físico como una pluralidad de partículas elementales en movimiento: se trata, en consecuencia, de aquella representación que se supone necesariamente en la comprensión mecanicista de la realidad como su condición de posibilidad, esto es, en la terminología cartesiana de los *Principia*, como su fundamento metafísico. *El mundo*, Salvio Turro pág. 104

pesada, coloreada o que afecte de algún modo los sentidos, sino tan sólo en ser una cosa extendida en largo, ancho y profundidad. “(pág. 3)

Descartes reconoce el espacio con la extensión, donde el sistema cartesiano se convierte en pleno o continuo de materia que hace rechazable el medio del vacío¹³. En palabras de René:

*"Repugna que se dé el vacío o aquello en que no hay en absoluto cosa alguna. Ahora bien, el vacío tomado en la acepción de los filósofos, esto es, aquello en que no hay absolutamente sustancia alguna, está claro que no puede darse porque la extensión del espacio, o del lugar interno, no difiere de la extensión del cuerpo. Así como del solo hecho de ser un cuerpo extenso en largo, ancho y profundidad concluimos rectamente que es una sustancia, pues repugna en todo que haya extensión de la nada; lo mismo ha de concluirse del espacio que se supone vacío: puesto que en él hay extensión, por fuerza debe haber sustancia."*¹⁴

Entonces, como no existe el vacío en el mundo cartesiano, él decía que ese espacio vacío se llenaba con pequeñas partículas que estaba constituida la materia; la característica principal de estas partículas era llenar todos los espacios a manera de no dejar ninguno vacío.

En las partículas (materia), para Descartes tenían una jerarquía, que dependen del tamaño y la velocidad. Las ordeno de diferente tamaño en: pequeñas, medianas y grandes, a las que denomino en fuego, aire y tierra -según él, el fuego es el elemento más sutil, por lo las partículas son más veloces y diminutas; la tierra es el elemento más pesado, por lo que las partículas de este elemento son más lentas; el aire tiene tamaños y velocidades intermedias. Él se basa en la terminología clásica de los elementos para explicar la diversidad material-.

En el siguiente apartado, se mostrará, por medio de una teoría que postula Descartes, la idea del movimiento que según regía el mundo.

¹³ Leticia R. (2004) Descartes y el significado de la filosofía mecanicista. Revista.Unam. Max. Pág. 4

¹⁴ R. Descartes. “Les Principes de la Philosophie” en Oeuvres Philosophiques, vol. III. F. Alquié, Éditions Classiques Garnier, Bordas, Paris, 1989, p. 149.

Teoría de los torbellinos

En su obra “*los principios de filosofía (1644)*” atribuye el movimiento de traslación de los planetas a vórtices formados por partículas, él describe, que el movimiento de su sistema es continuo, circular y se transmite por contacto, o sea, que el movimiento solo se realiza por el contacto o choque de partículas. y que está dividido en zonas llamadas vórtices, donde todas las partículas de aire y tierra giran en torno a una estrella central, a la vez que las partículas de fuego que constituyen a esta estrella central gira en torno a su propio centro. Este tipo de movimiento circular, habría creado lo que Descartes observo para ser las orbitas de los planetas sobre los que el sol junto con los objetos más pesados que giran fuera hacia el exterior del vórtice y los objetos más ligeros que quedan más cercanos al centro.

En esta teoría, Descartes considera que la acción del movimiento circular explica la relativa diversificación de la materia homogénea. Siendo en nuestro sistema solar, con sus diversos cuerpos celestes, planetas, cometas, sol, luna etc. Proviene de uno de estos torbellinos cuyo centro está ocupado por el sol. Nuestro sistema, al igual que otros, se ha engendrado debido a que, aun cuando la materia estuviese compuesta por partes más o menos iguales, al formarse los torbellinos, el movimiento debió provocar constantes encuentros o choques que explican la formación de los tres “elementos” cartesianos, Benítez, L (2005).

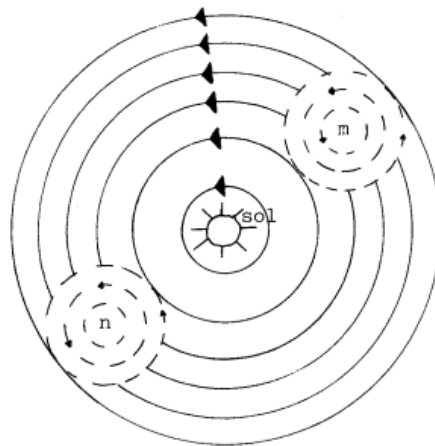


Imagen 3: Los torbellinos particulares de los planetas, aquí m y n, están dentro de otro más grande que es el sol, que los arrastra, representan en la imagen torbellinos de dos planetas. Tomado de: Aisa, D. (1995). “La filosofía mecánica de Descartes, Boyle y Huygens”. Pág., 96.

En realidad, los torbellinos están formados por una misma materia homogénea, pero relativamente diferenciada en cuenta a la velocidad, tamaño y figura de sus partes componentes. Así, podemos distinguir entre cielos, cometas, planetas, sol, estrellas, etc. O como le gusta decir a Descarte, entre los elementos primero, segundo y tercero, o fuego, aire y tierra. (Benites. L. (2005) pág. 5).

Un aspecto a resaltar en este sistema es la noción de equilibrio, ya que apoya, que los planetas son arrastrados por el movimiento circular del vórtice hasta una órbita en la que se produce un equilibrio entre la tendencia al movimiento en línea recta y la presión de los cielos que los rodean, de tal manera, que se estabilizan en una posición que impide tanto un movimiento centrífugo hacia los límites del vórtice como un movimiento centrípeta que lo arroje contra se estrella. Otro ejemplo de equilibrio, es el equilibrio entre la gravedad y la fuerza centrífuga. La gravedad, hace que todas las partículas de un planeta tiendan hacia su centro, surge de la presión de los cielos sobre la superficie de ese planeta; la fuerza centrípeta, proviene del movimiento de rotación del planeta; Descartes decía que, si hubiera un vacío a su alrededor, la materia de los planetas en rotación se dispersaría por todo el universo. Así, en la física cartesiana, el reposo y el movimiento no son dos estados diferentes, sino que, a través de la noción de equilibrio de fuerzas, el reposo ha quedado subsumido en el grado cero del movimiento.

Dios como principio natural

Como no existe el vacío en el mundo cartesiano, él decía que, si llegase a existir, el mundo sería menos perfecto y esto significaría que Dios sería imperfecto, lo cual es absurdo en este sistema.

Para poder demostrar la existencia del mundo cartesiano, Descartes se apoya en la sustancia infinita en la naturaleza de Dios, diciendo: Dios es garantía solo de la existencia de un mundo constituido por extensión y movimiento, pero otras categorías como forma, tamaño etc, no están garantizadas.

“La creación del universo y las leyes del mismo, tienen características teológicas, siendo las leyes últimas que apoyan la contribución de Dios al mundo y resuelven los problemas

causales del sistema cartesiano”, Ruiz, D (2012). Descartes asegura que Dios es el creador del mundo, y es quien lo conservan simultáneamente. Afirma, en los principios de la filosofía (1995): *“Dios es la primera causa del movimiento y mantiene constante la cantidad de movimiento en el universo”*. Por tanto, la repentina atracción por la metafísica fue acompañada de la búsqueda de una causa importante con características teológicas; lo cual, es innegable la acción de Dios en el mundo porque es el principio del movimiento, la causa real. Respecto a las leyes del movimiento cartesiano, son de origen divino, afirmando: *“las leyes se derivan de su inmutabilidad”* (Descartes, 1989), cesa la razón por la cual Dios preserva el mundo, siendo en la física cartesiana una causa eficiente.

Las leyes que impuso Descartes como acción racional, se puede sustentar, cuando el sujeto logra razonar adecuadamente, puede llegar a descubrir las leyes más universales y poder explicar la regularidad de los fenómenos, sin intervenir en los designios y fines de Dios, Descartes (1995) dice al respecto: *“no es preciso examinar en razón de qué fin Dios ha hecho las cosas, basta con examinar por qué medios”*. Los medios a los que se refieren son las leyes del movimiento cartesiano y ratifican la intervención constante de Dios en su creación. Esto está relacionado con la posición ocasionalista. Esta influencia no solo la pensaba Descartes, sino también otros filósofos naturales como: Leibniz, Newton, Spinoza, entre otros.

Por otro lado, el concepto moderno de las leyes del movimiento formuladas por Descartes logró introducir algunos elementos, entre ellos se encuentra la necesidad de explicar la regularidad de los fenómenos naturales utilizando las matemáticas y la geometría, además, la necesidad de un soporte metafísico para la ciencia que fue la esencia de Dios. En el siglo XVII se mostró como estas leyes descritas por Descartes, son las garantías de un pensamiento preciso y diferente de la razón humana, se proyecta sobre los fenómenos naturales y sus causas, como se mencionó anteriormente, Dios mismo es una causa eficiente, Ruiz. D (2012).

Ahora bien, para poder entender un poco más lo que Descartes hace referencia con decir que *“Dios es una causa eficiente”*, es necesario situarnos en el modelo del mundo que Descartes adopto, que fue: el mecanicista.

Mecanicismo cartesiano

La doctrina mecanicista, tuvo un renacimiento en los siglos XVII y XVIII. Como concepción filosófica reduccionista, el mecanicismo sostiene que toda realidad debe ser entendida según los modelos proporcionados por la mecánica, e interpretada sobre la base de las nociones de materia y movimiento. La imagen mecanicista del mundo se apoyaba fundamentalmente en el principio de causalidad por el que se consideraban regidos todos los fenómenos que describe la física clásica.

Descartes se apoya y adopta este modelo, el cual influenciaría en sus investigaciones físicas: -siendo este modelo un paradigma en la revolución científica- ya que, la filosofía mecánica fue citada a reemplazar las nociones de formas sustanciales¹⁵ y cualidades ocultas. El objetivo de Descartes era construir un sistema completo del mundo, eliminando toda explicación en los términos dichos anteriormente, a favor de un mecanicismo universal, en donde solo se usaría tres nociones: extensión, movimiento y figura. Otro punto es, Descartes parte de la necesidad de formar una relación entre las definiciones físicas y las concepciones metafísicas. Se refería a derivar todo lo dado en la experiencia, con la idea de naturaleza sujeta a su filosofía, reducida, a cuerpos acomodados en ciertas posiciones en el espacio, con distintas figuras, cantidades y dotadas de movimiento Aisa, D. (1995). Por lo cual, de la metafísica tenían que deducirse los enunciados más generales de una teoría física que, dotase de una mayor coherencia y unidad a los desarrollos científicos más específicos.

Este modelo fue, - como se dijo anteriormente- el modelo mecanicista, según, había que percibir el mundo como un mecanismo, es decir, como el modelo interpretativo de mecanismos automáticos como los relojes. Descartes considera al universo como un mecanismo gigante de relojería. “*El mundo se reduce a materia en movimiento*” Aisa, D. (1995). El autor partía de la base de una realidad reducida a una materia continua, infinita y homogénea, sin ninguna clase de movimiento intrínseco, sino puramente mecánico; siendo una causalidad eficiente.

¹⁵ Descartes considera que el aristotelismo especula con formas sustanciales: esta le atribuye existencia a cualidades particulares, lo cual es inadmisibles para las exigencias de certeza, evidencia y simplicidad de la propuesta cartesiana, y donde reside el vacío estructural y causal que deja la física tradicional. (Ruiz, D. 2012. Pág. 11)

De acuerdo con este modelo, todo se explicaba por la divisibilidad de la materia en ciertas unidades y sus movimientos e interrelaciones con otras unidades. Hay que mencionar, que Descartes necesitó postular ciertas leyes fundamentales de la naturaleza para dar cuenta del movimiento, sin las cuales no habría teoría física alguna. Estas leyes serían principios racionales que manifiesta cómo se comporta un cuerpo en situaciones absolutas, cuando no existen fuerzas externas.

Ahora bien, según su filosofía, dichas leyes debían derivar de Dios, según Descartes, Dios no solo habría creado la naturaleza y la habría puesto en movimiento, sino que le habría dado las leyes fundamentales por las que debería regirse y autorregularse, igual que un sistema mecánico.

Por consiguiente, el mecanicismo de Descartes consiste en reducir todos los fenómenos a los movimientos de esta materia cualitativamente neutra, común en el universo, y además geométrica, por lo que no acepta principios que no sean aceptados en matemáticas. En palabras de Descartes (1995):

“he probado por demostración matemática todo lo que he escrito, al menos lo más general, concerniente al cielo y a la tierra, y que apenas pueda ser comprendido de otro modo que como yo le he explicado”

Estos principios bastan en tanto que todos los fenómenos de la naturaleza puedan explicarse con ellos. De modo que, el movimiento es la clave de una naturaleza cuyas variadas apariencias no son más que extensión en movimiento. -es necesario volver a hacer hincapié- Siendo Dios la única causa generadora de movimiento al momento de la creación, y lo hizo en una cantidad dada que se conserva en el mundo de modo que siempre sea constante. También, aseguraba que este movimiento natural era indestructible y eterno, de tal modo que cuando un cuerpo actuaba sobre otro por simple impacto, el movimiento transmitido en el choque no se perdía ni se desgastaba, simplemente se conservaba en igual cantidad.

Leyes de la naturaleza cartesiana

Las leyes de la naturaleza, se originan en el siglo XVII, desempeñando un papel importante en la revolución científica. Además, con el inicio del mecanicismo que influyó a Descartes para formular sus leyes; él formula unas leyes de la naturaleza que rigen el movimiento de los cuerpos materiales. Pasando a ser la base de su teoría mecanicista.

Es importante reiterar y precisar que las leyes en el cartesianismo son de carácter matemático: siendo, un recurso fundamental para comprender de manera cierta y evidente las regularidades del mundo.

Como es sabido, Descartes no comparte del todo la “física tradicional” en el aspecto cualitativo y especulativo. Para él, la geometría –es simple, certera y clara- es la ciencia sobre la que apoya toda su propuesta para revocar la física aristotélica¹⁶.

Ahora bien, en el paso de revocar la física aristotélica, resultó un vacío estructural en relación con la causalidad en la naturaleza, quiere decir que, quedó pendiente la pregunta sobre el origen y la conservación de los fenómenos naturales. Así que, Descartes escoge proponer las leyes de la naturaleza, respecto a la necesidad causal, que son las causas explicativas de su sistema mecanicista, a partir de su sistema racional es que Descartes establece su filosofía natural. Esta inquietud por las causas es un problema aristotélico heredado, explicando la inquietud de la causalidad, el conocimiento de las causas que provocan el fenómeno debe ser incluido en cualquier ciencia que aspira a ser alcanzada. Ruiz, D. (2012).

La respuesta de Descartes se basa en la nueva física que utiliza herramientas tan transcendentales como la geometría y la metafísica, y es en última instancia coherente, basada en algunos principios obvios, similares a la física moderna.

Entonces, para llenar el vacío causal que deja la eliminación de las formas sustanciales, el elemento moderno del que se vale Descartes es el de las leyes de la naturaleza. Descartes afirma en *El Mundo*:

¹⁶ Mirar el apartado de “la revolución científica y el método cartesiano”

“Dios la conserva [a la naturaleza] del mismo modo que la ha creado. Del hecho de que Dios la conserva, se sigue necesariamente que debe haber numerosos cambios en sus partes que, no pudiendo propiamente –según me parece- atribuirse a la acción de Dios porque la materia no cambia en nada, los atribuyo a la naturaleza; y denomino leyes de la naturaleza a las reglas que han seguido aquellos cambios” (Descartes, 1989).

De hecho, la única causa en el sentido ontológico es Dios, que actúa como causa eficaz. conserva y crea la naturaleza al mismo tiempo.

Descartes explica que la naturaleza es la forma física de la materia y no contiene ninguna fuerza imaginaria o deidad. El recurrir a Dios se convierte en la premisa necesaria que dota de sentido y validez al mundo existente. En palabras de Descartes (1995):

“hay que admitir que Dios obra siempre de la misma manera, pero también podemos esperar una gran diversidad en sus efectos”

Por tanto, cuando el movimiento inicial en el sistema cartesiano se activa por la acción divina, continua con sus acciones de forma autónoma acorde con las leyes del movimiento.

Formulación de las leyes de la naturaleza cartesiana

Las leyes cartesianas *“implica una interesante mezcla de análisis conceptual, corroboración empírica y explicación metafísica” (los principios)*; según los Principios de la filosofía (1644) son:

- *“Primera ley de la naturaleza: cada cosa permanece en el estado en el que está mientras que nada modifica ese estado” (Descartes, 1995).*
- *“Segunda ley de la naturaleza: todo cuerpo que se mueve tiende a continuar su movimiento en línea recta” (Ibíd.).*

- *“Tercera ley de la naturaleza: si un cuerpo en movimiento choca con otro más fuerte que él, no pierde nada de su movimiento, ahora bien, si encuentra otro más débil y que puede mover, pierde tanto movimiento como comunica al otro” (Ibíd.)¹⁷.*

En esta primera ley formulada por Descartes, se le conoce como *ley inercial*, esta representa la instancia que apoya la visión objetiva y material del mundo que quiere basar Descartes. Presunta la necesidad natural física, a manera de única realidad sustancial de los fenómenos, la *ley inercial* constituye su principio o ley general más básica al mantener la permanencia o conservación indefinida del movimiento.

Por ello, las piezas de la materia conservan sus estados iniciales inalterablemente. La naturaleza es autónoma en su regularidad y aplicación de leyes, y el propio movimiento inercial mantiene su autonomía, evadiendo el uso de fuerzas y agentes de distinta naturaleza. Así, aceptando esta ley básica y verdadera, podemos determinar objetivamente la dirección del proceso natural.

La segunda ley que postula Descartes, se le conoce como: *ley de rectilineareidad*, esto quiere decir, que, la tendencia de los cuerpos en movimiento sigue trayectorias rectilíneas, puesto que, los que se mueven circularmente intentan alejarse de los centros de su rotación.

Esto plantea que, dada la transmisión y conservación del movimiento, las partículas se chocan entre sí constantemente, ocasionando la circularidad del movimiento. Leticia Rocha (2004) cita a Descartes, el cual expresa:

“Agregaría en la segunda que mientras que un cuerpo se mueve, aunque su movimiento se dé a menudo en línea curva, y que no pueda jamás hacer ninguno que no sea en alguna forma circular, de cualquier modo, cada una de sus partes individualmente, tiende siempre a continuar el suyo en línea recta. Y así su acción, es decir, la inclinación que tienen a moverse, es diferente de su movimiento.” (Pág. 13)

¹⁷ Descartes, R (1995).” Los principios de la filosofía”. Biblioteca de los grandes pensadores. 1995 Alianza Editorial, S.A. Traducción Guillermo Quintas.

Se explican las posiciones, las rotaciones y traslaciones de los planetas y demás cuerpos celestes, teniendo en cuenta las diferentes velocidades y arrastres de los cielos. Los planetas están posicionados dentro de un cielo, cuya fuerza de movimiento no se opone a la fuerza de sus partículas terrestres. Debe haber algún equilibrio entre estas dos fuerzas, para garantizar que el planeta deje de arrastrarse por su cielo circundante, evitando así cualquier arrastre que lo lleve tangencialmente fuera de su órbita. De ahí las diferentes posiciones de los astros, siendo esta, la explicación del movimiento planetario. Leticia R (2004).

La tercera ley, según *El Mundo*, se le puede llamar ley de la conservación del movimiento o *ley del choque* (Cf. Clarke 230). Se refiere, a que, si se da el choque entre dos cuerpos y la cantidad de movimiento de un cuerpo es menor al volumen del otro cuerpo, como resultado del choque el primero conservará su velocidad, pero siguiendo una trayectoria con una dirección opuesta al que tenía antes de la colisión¹⁸. Por otra parte, si la cantidad de movimiento del primero es mayor que el segundo, entonces la suma de los momentos de los dos cuerpos antes de la colisión corresponde a la suma de los momentos de estos cuerpos después de la colisión. Puesto que, mueve consigo mismo al otro cuerpo, perdiendo tanto movimiento como él da.

Como es sabido, todo en el sistema cartesiano es producto del choque entre partículas. Dada la conservación constante de los movimientos es imperativo asegurar su existencia. Las partículas materiales están en constante movimiento; logrando esta transmisión proporcional a la fuerza del choque que actúa sobre las partículas. Las colisiones producidas resultan de la capacidad que tienen algunas de las partículas para impeler, otros para resistir. Como no existe vacío entre las partículas, la transmisión de una partícula a otra se realiza en todos los objetos del universo de forma continua y cerrada.

Primeramente, para dar cuenta un poco más acerca de la conservación de momentum de Descartes, es preciso solucionar el problema de la comunicación de la cantidad de movimiento entre los cuerpos por medio de los choques. Lo que se da en estos fenómenos de colisión es una transferencia de cantidad de movimiento.

¹⁸ Ceballos, Ramiro. "Las reglas del impacto: Descartes y Clarke". *Discusiones Filosóficas*. Jul.-dic. 2014: 113-129

Como ya se ha mencionado, para Descartes la materia es considerada como una extensión de lo largo, ancho y profundo; esto, no es más que el desplazamiento de unas partes extensivas (materiales) por otras, dado a la existencia de una fuerza motriz que es el producto de la masa por la velocidad (mv). Para analizar la transferencia de la cantidad de movimiento entre cuerpos, reconoce que la materia es incompresible, de modo que, se refiere a cuerpos sólidos (duros) e inelásticos separados del resto de la materia, formado por elementos que se encuentran en reposo relativo entre sí. (Agudelo. C, 2015).

Cantidad de movimiento

Las investigaciones que realizó, le hizo pensar en el movimiento como un estado de materia, que tiene una cantidad fija y determinada a la que llamó *Quantitas*¹⁹. concepto que entendió dependía de la masa y de la velocidad del sistema, y por tanto lo define como el producto de estas dos. Así, sean: la cantidad de movimiento ρ , la masa m y la velocidad v respectivamente, se tiene:

$$\rho = m * v$$

El concepto empírico cartesiano de cantidad de movimiento involucra de manera compensada (inversamente proporcional) el movimiento con el tamaño de los cuerpos. Si existen dos fuerzas motrices iguales, sean estas $F_a = F_b$ lo que implica $m_a v_a = m_b v_b$ (Agudelo. C, 2015, pág. 29)

Conservación de la cantidad de movimiento

En este sistema cartesiano, la fuente última del movimiento es Dios, que en el instante de la creación le imprimió a la materia cierta cantidad de movimiento, que permanecerá

¹⁹ Termino en latín, en español significa cantidad.

constante en el universo y se transmitirá de un cuerpo a otro. En términos de Descartes se diría: Dios conserva el movimiento del universo. Cita Rivera J, (2019):

“Se demostrará también la otra parte de esta regla, si se tiene en cuenta la inmutabilidad de la acción de Dios, conservando el mundo con la misma acción que lo creó. Pues estando todo ocupado por los cuerpos, y a pesar de que cada parte de la materia tiende a moverse en línea recta, es evidente que desde el principio, cuando Dios creó el mundo, no solamente ha movido de diverso modo sus partes, sino también, que las ha hecho de tal naturaleza que desde entonces, las unas han comenzado a empujar a las otras, y a comunicarles una cantidad de movimiento; y puesto que las conserva hoy con la misma acción y las mismas leyes que las hizo observar al crearlas, es preciso que conserve en todas ellas el movimiento primitivo, con la propiedad que ha dado a éste, de no permanecer ligado siempre a las mismas, y de pasar de las unas a las otras, según las diversas mutuas concurrencias de dichas partes”²⁰

Esta cantidad se comunica de un cuerpo a otro, de modo que, la suma escalar de todas las cantidades de movimiento es constante; en particular, para un sistema cerrado de dos o más cuerpos, la cantidad de movimiento y reposo no cambia con el tiempo.

la cantidad de movimiento en un choque antes ρ y después de él ρ' se representa, según Descartes como sigue: $\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \dots + \rho_n = \rho'_1 + \rho'_2 + \rho'_3 + \dots + \rho'_n$

Conservación a la cantidad de reposo

Dado que para Descartes el reposo es lo mismo que movimiento, plantea una expresión para su conservación. Si se define r como la cantidad de reposo, se deduce que: $r = m(vi - vf)$, de donde se puede inferir que si $r > 0$ el cuerpo ganó reposo y si $r < 0$ perdió reposo.

²⁰ Descartes, R., Oeuvres, C. A. y Tannery, P., Discours de la methode. Tomo II, (Ed. Vrin, París, 1965).

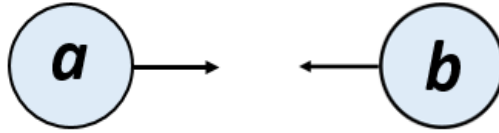


Figura 2. autoría propia: choque frontal entre dos cuerpos sólidos a y b.

Sean a y b dos cuerpos sólidos que chocan frontalmente, con v'_a y v'_b sus velocidades después del choque, y r_a y r_b las cantidades de reposo ganado o perdido²¹.

Ahora, como $\rho_i = \rho_f$ se tiene que:

$$m_a v_a + m_b v_b = m_a v'_a + m_b v'_b$$

$$-m_a v_a - m_b v_b = -m_a v'_a - m_b v'_b$$

$$-(m_a v_a - m_a v'_a) = (m_b v_b - m_b v'_b)$$

$$-m_a (v'_a - v_a) = m_b (v'_b - v_b)$$

$$-m_a r_a = m_b r_b$$

$$m_a r_a + m_b r_b = 0$$

Expresión cartesiana para colisiones, lo que significa que la cantidad de reposo no aumenta o disminuye como consecuencia del choque entre los cuerpos (Agudelo. C, 2015, pág. 29).

Dada la existencia de una “fuerza” de movimiento, existe también una fuerza de reposo entre dos cuerpos **a** y **b** que chocan frontalmente, donde **a** está en reposo y **b** va en dirección hacia **a**, en este caso la fuerza de reposo de **a** se puede escribir en términos actuales como:

²¹ Tomado de: Agudelo, C, C. (2015). “Orígenes de las leyes de conservación como principio unificador de las ciencias naturales. El caso de la invarianza de la energía en la física”. Universidad Nacional de Colombia. Pág., 28

$$Fr = m_a v_b$$

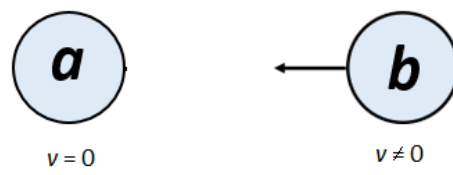


Figura 3. autoría propia: fuerza de reposo.

Consideraciones finales de la recontextualización histórico-conceptual de Descartes para la enseñanza

En este trabajo investigativo se analizó acerca de la visión de la conservación de momentum que tenía el filósofo natural René Descartes. Se enfocó en tres sus obras principales, las cuales fueron: “*El Mundo o Tratado De La Luz*” (1633), “*Los Principios De La Filosofía*” (1644) y “*Discurso del método*” (1637). Esto, con el fin de establecer algunos criterios que el autor pone de presente a la hora de explicar el funcionamiento, la composición del universo y el sistema de conservación del mismo. También, dar a conocer los aportes del trabajo de Descartes, y que estos logren ser significativos en la solución de problemas que se idea el docente en los cursos de mecánica.

Con todo, este trabajo realizado destaca el diseño reflexivo en la enseñanza de la mecánica, por el cual se enfatiza la necesidad y la importancia de la historia de las ciencias que conduce a la recontextualización de saberes; con el objetivo de pensar en determinados problemas de comprensión e informarlos a través de las ideas de Descartes.

En definitiva, los aportes que hizo Descartes en relación con la física-matemática, fueron relevantes en su época, y ayudaron posteriormente a importantes físicos, entre ellos, Newton, quien se influyó de su sistema mecanicista para postular sus famosas leyes. Ahora, hoy día muchas de sus teorías y postulados son obsoletas, pero estas seguirán vigentes en la historia de la física y, por ende, en los recuerdos del hombre.

Ahora bien, ni la noción mecanicista del mundo se sostiene, ni la idea de una garantía divina para la existencia del mundo, hay muchos otros aspectos que sí están de algún modo vigentes. Por ejemplo, la idea que aporta el sujeto o la necesaria matematización de lo real para el conocimiento científico.

En relación con lo anterior, para dar cuenta un poco en la actualidad de la visión cartesiana hay que examinar la noción de extensión que tenía Descartes. Él creía que idear el mundo solo podía serlo, si se consideraba de este la materia mientras este dada al pensamiento, quiere decir: en su figura, magnitud y movimiento. Consideraba que el solo hecho de pensar se podía hacer ciencia de lo físico-matemático en el mundo.

Y es que, la matematización de la realidad ha llegado más lejos de lo que Descartes podía imaginar, y es, partiendo del registro de magnitudes, figuras y desplazamientos, esto, lo podemos evidenciar, por ejemplo, en la luz, según la teoría cuántica, la luz estaría formada por fotones corpusculares emitidos a una cierta velocidad. Pues bien, pese a su comportamiento ondulatorio, habría de considerarse como formada por “partículas”, por partes, por porciones de espacio, es decir, por extensión. La noción de partícula no es más que una prolongación de lo que Descartes recogía con los términos de magnitud y extensión²².

De esta manera, la historia debe ser permanentemente reconstruida, sin embargo, es importante tener en cuenta las interpretaciones del pasado, pues éstas dependen de las posturas que se asuman en el presente y por tanto de las intencionalidades que animan su reconstrucción. Ayala (2006).

²² Descartes.pdf (juntadeandalucia.es)

Conclusiones

A partir del desarrollo investigativo se pudo evidenciar la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza, ya que se logró identificar a través de la obra de René Descartes elementos importantes que aportaron a la recontextualización de saberes para la enseñanza concepto de la mecánica conservación del momento.

Así bien, la contribución del análisis de corte histórico desde la perspectiva de Descartes a los procesos de recontextualización de saberes, son pertinentes para la enseñanza de la mecánica, tomando como problemática la noción de conservación de momentum con las ideas de Descartes como soporte, en que tales ideas cartesianas permitan tener un acercamiento a las investigaciones en torno al concepto de momentum y de su conservación.

Por tanto, a partir del análisis de corte histórico que se hizo del trabajo de Descartes, alrededor del principio de conservación de momentum, fue posible identificar aspectos relevantes sobre la teoría popular en el siglo XVII: mecanicismo. Además, se logró vincular esos aspectos del trabajo de Descartes con los problemas de conocimiento que se establecieron alrededor de la manera en la que se aborda la enseñanza del concepto de momentum y de su conservación en los libros de texto de física generales. Con eso, fue posible dar cuenta de la visión de su principio de conservación de momentum, entendiendo que: parte del sistema del mundo que Descartes ideó, él dice que se originó de la voluntad divina y que esta fue la causa inicial del movimiento que se conserva y se mantiene constante. Ahora bien, Dios es solo garantía de la existencia de un mundo constituido por extensión y movimiento, pero en otras condiciones como el tamaño y la forma, están garantizadas por las leyes de la naturaleza que son expresadas matemáticamente, es por ello, que este principio de conservación de momentum está relacionado con el principio de causalidad, lo podemos expresar así: siendo Dios la causa primera, el efecto sería la dependencia de unas leyes de la naturaleza, en otras palabras, la parte metafísica (causa) y la parte física (efecto), según Descartes. Anexo a esto, el movimiento del mundo cartesiano es continuo, circular y se transmite por contacto o choque de partículas.

Así, a medida que se dialoga con los ideales de Descartes, se disfruta de la dimensión metafísica que se veía ilustrada ante la presentación de la física como serie de elementos

filosóficos que dan armonía y orden al universo; las leyes del movimiento de carácter matemático que plantea Descartes; junto con la teoría de los torbellinos; la inexistencia del vacío... fue vital para dar cuenta de las ideas que él desarrolló de su propia percepción del mundo.

Es por ello, la importancia de realizar un proceso de recontextualización de saberes, para explorar entre las dimensiones de análisis que favorecen al desarrollo de la visión del mundo desde un determinado autor: las matemáticas, la filosofía, las ciencias sociales, la metafísica en las ciencias, se traten de la misma manera, estando pensadas en términos de los aportes a nuestro crecimiento intelectual. Siendo, el análisis de la historia necesario e indispensable en los procesos de recontextualización, dado que, permite identificar un contexto inicial para lograr transformarlo, realizando la recontextualización de un concepto o una problemática, con el objetivo que sea propia de un nuevo contexto.

Bibliografía

- Guevara, A. (2012). Entre vórtices cartesianos y la gravitación Newtoniana. Revista Mexicana de Física.
- Leticia R. (2004) Descartes y el significado de la filosofía mecanicista. Revista.Unam. Max
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-Posições, 1(49), 19 – 37
- Villamil A. (2011). Cosmología Cartesiana. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castillo A (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramientas para la enseñanza de las ciencias. Nodos y Nudos, 3(25) pág. 1-8
- Gómez M, Pozo J. (2009). Aprender y Enseñar Ciencias, del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Sexta edición. MORATA.
- Garcia M. (2010). Discurso Del Método. Rene-Descartes. Ed. FGS.
- Ayala, M. M. (2006). “La enseñanza de la física para la formación de profesores de física”. Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala M. M. (2005). “Informe sobre la investigación en enseñanza de la física año 1992”. Universidad Pedagógica Nacional.
- Bolaños, J. D. (2017). “Análisis histórico del principio de conservación de la energía, algunas pautas en la enseñanza de una ley”. Universidad del Valle.
- J. M. Rivera-Juárez, Y. Rivera-Vargas y E. Cabrera-Muruato. (2019).” Evolución histórica del concepto de cantidad de movimiento”. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Moreno. R, Q. (1977). “Significación filosófica de la causalidad en la física contemporánea”.
- Ceballos. R. (2014). “Las reglas del impacto: Descartes y Clarke”. Universidad de Pamplona, Colombia.
- Laura Benítez Grobet, Descartes y el conocimiento del mundo natural, Porrúa, México, 2004,

160 pp.

Ruiz, D, A. (2012). “Descartes y el concepto de las leyes de la naturaleza”. Universidad de Antioquia.

Aisa, D. (1995). “La filosofía mecánica de Descartes, Boyle y Huygens”. Universidad de Zaragoza. Págs. 83-131.

Agudelo, C, C. (2015). “Orígenes de las leyes de conservación como principio unificador de las ciencias naturales. El caso de la invarianza de la energía en la física”. Universidad Nacional de Colombia.

Descartes, R (1995).” Los principios de la filosofía”. Biblioteca de los grandes pensadores. 1995 Alianza Editorial, S.A. Traducción Guillermo Quintas.

Descartes, R (1989). “El mundo, tratado de la luz”. Centro de Publicaciones del MEC, Ciudad Universitaria, s/n., Madrid, y ' Anthropos Editorial del Hombre, Vía Augusta, 64-66, Barcelona. Traducción, introducción, notas: Salvio Turro (1989).

Arteta, C. (2014). “Descartes: ¿ruptura y radicalidad?”. Revista Amauta • Universidad del Atlántico • Barranquilla (Col.) • ISSN 1794-5658 • No. 24 • Jul-Dic 2014 • 139-150.

Valdiviezo, M. (1996). “Fundamentos teológico-metafísico de la física cartesiana”. Pontificia Universidad Católica del Perú. ARETE revista de filosofía. Pág., 281-291.

José Granés S. y Luz Marina Caicedo Y. (1997). “Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia Pedagógica. Universidad Nacional de Colombia.

Ortiz, L. (2014). “Galileo y Descartes: la matematización de la física”. Rev. Filosofía Univ. Costa Rica, LIII (135), 107-116, enero-abril 2014 / ISSN: 0034-8252.

Xiol, J. (2015). “Un filósofo más allá de toda duda”. Edición, Batiscafo, S, L, 2015.

Descartes, R. (2010). “Discurso del método”. Colección austral-España CALPE. Editado por FGS. Traducido por Manuel Garcia Morente.

GIL PÉREZ, D. et al. El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v. 6, n. 2, 1988.

Ceballos, Ramiro. "Las reglas del impacto: Descartes y Clarke". *Discusiones Filosóficas*. Jul.-dic. 2014: 113-129

Arboleda, D. Díaz, M. Aguilar, Y. (2011). "A propósito del principio de conservación de la energía: una propuesta de formalización en la enseñanza de la física desde un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Mayer. *Revista Científica*. Volumen Extra. Pág. 1-6