

**ESTUDIO HISTÓRICO - EPISTEMOLÓGICO DEL MOVIMIENTO EN LA
PERSPECTIVA NEWTONIANA**

Ferney León Borda

Código: 2009246027

Asesor:

Juan Carlos Orozco

Línea de Profundización

Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA
BOGOTÁ
2016**

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de grado.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Estudio histórico - epistemológico del movimiento en la perspectiva newtoniana.
Autor(es)	León Borda, Ferney
Director	Orozco, Juan Carlos
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 68 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	HISTORIA, EPISTEMOLOGÍA, RECONTEXTUALIZACIÓN, ENSEÑANZA, NEWTON

2. Descripción
<p>Este trabajo se inscribe en las búsquedas y reflexiones que se realizan en la Línea de Profundización Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural del programa de la Licenciatura en Física del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. La enseñanza de las ciencias es un campo disciplinar autónomo; tiene reconocimiento sustentado en el hecho de que la investigación bajo la influencia de la Historia y la Filosofía de las ciencias y los Estudios Culturales, desplaza su objeto de estudio de los problemas relativos a las disciplinas científicas a los problemas de enseñanza, aspecto que llama la atención sobre el conocimiento como un hecho complejo que no es separable de los contextos culturales ni de las dinámicas involucradas en su construcción.</p>

3. Fuentes
<p>Ayala, M. M. (2006). <i>“La enseñanza de la física para la formación de profesores de física”</i>. Universidad Pedagógica Nacional.</p> <p>Ayala M. M. (2005). <i>“Informe sobre la investigación en enseñanza de la física año 1992”</i>. Universidad Pedagógica Nacional.</p> <p>Ayala M. M. (2006). <i>“Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un espacio de posibilidades”</i>.</p> <p>Bachelard. G. (1971). <i>“Epistemología”</i>. Editorial Anagrama .Barcelona.</p> <p>Crhistianson G. Newton (1987).tomo 1.Salvat editores. Barcelona.</p>

Documento Programa de Licenciatura en Física, Lineamientos. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional, 2012.

Documento Actividad Investigativa. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional, 2011.

Granes J, Caicedo L. *“del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica.* Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia.

Guicciardini N. la época del punto: el legado matemático de Newton en el siglo XVIII. Universidad de Siena.

Katz. M. (2011). *“Epistemología e historia de la química”.*

4. Contenidos

El presente trabajo está compuesto por primera parte indagando el problema, la cual presenta las situaciones problema que dieron origen al presente documento, con sus objetivo general y específico; por una segunda parte experiencias e investigaciones anteriores, la cual recoge algunos trabajos anteriores al presente y que fueron importantes durante el desarrollo del mismo; la tercera parte la compone la recontextualización de saberes y la elaboración de explicaciones en la clase de física, las cuales fueron desarrolladas a partir de la experiencia en el aula de clase y algunos autores referentes a este estudio; la cuarta parte es el movimiento en la época de la filosofía natural, teniendo en cuenta que es una base teórica importante para el desarrollo del documento; la quinta parte está referida a los aspectos metodológicos, como parte importante en términos de la organización y metodología de estudio del documento y por ultimo una sexta parte la cual realiza una descripción de la sistematización de la experiencia de aula.

5. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo y la búsqueda de los objetivos gira en torno a la actividad de recontextualización, en la cual se estableció un diálogo constructivo referido a los aspectos histórico-epistemológico sobre el movimiento desde la perspectiva Newtoniana (Ayala 2006). En el trabajo de aula se procuró relacionar las actividades realizadas por los participantes con respecto a su forma de relacionarse con su entorno. Esto a su vez se estableció a partir de la indagación histórica que se ha descrito en el apartado 4. En este sentido el estudiante juega un papel fundamental en la construcción de conocimiento, lo cual hace que el estudiante sea participe activo de la enseñanza de la física y no solo se vea al mismo como un “espectador neutral de un discurso”.

6. Conclusiones

La importancia de la recontextualización de saberes en la enseñanza de la física:

Cuando en clase de física se tratan temas que han tenido una trascendencia considerable en la ciencia y en el cambio que ha tenido esta misma a través de la historia, el estudiante generalmente tiene una perspectiva global y muy general de estas temáticas; en el caso del movimiento de los cuerpos desde la perspectiva Newtoniana, el estudiante los relaciona-casi que inmediatamente- con los eventos que lo rodean y realizan conjeturas para dar explicaciones que satisfagan un problema propuesto por el docente encargado.

La relación entre la historia y la epistemología como estrategia de enseñanza en clase de física:

Al implementar las dos propuestas de aula con los estudiantes, se evidenció como en un principio era confundida la epistemología con la historia, tomados como “ sinónimos” ya que estos dos términos -dicho por ellos- dan cuenta de un evento y de su importancia para las ciencias; al analizar estos dos términos a la luz de los aportes hechos por Newton, los estudiantes fueron evidenciando mediante la solución de las preguntas planteadas en la propuesta de aula número 2 (ver anexo 2), que al hablar de epistemología como el estudio del conocimiento científico y de los criterios que se debe tener en cuenta para que este mismo sea catalogado como tal, puede ser usada como un contexto definido de un hecho histórico a analizar; en el caso del estudio del movimiento de los cuerpos desde la perspectiva Newtoniana, se logró establecer la diferencia entre los procesos de formalización de un evento mecánico y de sus resultados, ya sean ecuaciones, teoremas, axiomas, entre otros. Cuando se discutió en específico acerca de la relación entre la interacción entre dos cuerpos y la distancia que los separa, luego de tener una mirada global de los distintos contextos que intervinieron en el planteamiento de la ecuación de gravitación universal, se logró concluir junto con los estudiantes que para dar cuentas de este formalismo matemático, habría que establecer una relación estrecha entre la epistemología y la historia.

Elaborado por:	Ferney León Borda
Revisado por:	Juan Carlos Orozco

Fecha de elaboración del Resumen:	10	06	2016
--	----	----	------

CONTENIDO

PRESENTACION	6
Primera parte: indagando el problema.....	8
Segunda parte: experiencias e investigaciones anteriores	8
Tercera parte: la recontextualización de saberes y la elaboración de explicaciones en la clase de física	8
Cuarta parte: el movimiento en la época de la filosofía natural.....	9
Quinta parte: aspectos metodológicos.....	9
Sexta parte: descripción de la sistematización de la experiencia de aula	10
INDAGANDO EL PROBLEMA	10
EXPERIENCIAS E INVESTIGACIONES ANTERIORES.....	12
LA RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES Y LA ELABORACIÓN DE EXPLICACIONES EN LA CLASE DE FÍSICA.....	15
Recontextualización de saberes científicos.	15
La elaboración de explicaciones.....	17
EL MOVIMIENTO EN LA ÉPOCA DE LA FILOSOFÍA NATURAL.....	18
EL MOVIMIENTO EN LA ANTIGÜEDAD Y EN LA EDAD MEDIA	18
Perspectiva aristotélica	18
Perspectiva Galileana	20
Perspectiva Kepleriana:	23
Perspectiva Cartesiana.....	26
PERSPECTIVA NEWTONIANA ACERCA DEL MOVIMIENTO.....	27
Contexto familiar y personal de Newton.....	28
Newton y el movimiento.....	30
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	38
DESCRIPCIÓN SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE AULA	40
PROPUESTAS DE AULA NÚMERO 1	40
DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	41
PROPUESTA DE AULA NÚMERO 2	46
DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	46
REFLEXIONES FINALES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	57

PRESENTACION

Este trabajo se inscribe en las búsquedas y reflexiones que se realizan en la Línea de Profundización Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural del programa de la Licenciatura en Física del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional.

La enseñanza de las ciencias es un campo disciplinar autónomo; tiene reconocimiento sustentado en el hecho de que la investigación bajo la influencia de la Historia y la Filosofía de las ciencias y los Estudios Culturales, desplaza su objeto de estudio de los problemas relativos a las disciplinas científicas a los problemas de enseñanza, aspecto que llama la atención sobre el conocimiento como un hecho complejo que no es separable de los contextos culturales ni de las dinámicas involucradas en su construcción(Ayala 2006). Desde esta perspectiva la enseñanza de las ciencias es una actividad cultural, que supone caracterizar el conocimiento como una actividad en la cual se elaboran explicaciones en el marco de una cosmovisión particular, histórica y socialmente construida. En este proceder la cultura se recrea permanentemente.

Cuando se habla de la enseñanza de la física, es necesario tener en cuenta que la búsqueda de las explicaciones se corresponde con una demanda de comprensión de los problemas de conocimiento involucrados en las temáticas vistas en el aula por parte del estudiante. En el caso del presente trabajo, el problema a indagar es el movimiento desde una perspectiva Newtoniana. En este orden de ideas, es pertinente hablar de un estudio en el cual no solo está involucrado el aspecto histórico del movimiento sino también, el contexto socio-cultural en el cual se llevó a cabo y el aspecto epistemológico, que permiten comprender y significar las explicaciones y supuestos en el proceso de conocer de Newton.

Otra de las razones sobre la formulación del presente trabajo, se refiere propiamente al movimiento, pues todas las personas tienen experiencias en el mundo físico, que da lugar a maneras particulares de referirse al movimiento,

establecer relaciones, distinguir los modos de estar de los cuerpos, sus cambios y transformaciones, este complejo se constituye en un objeto de conocimiento interesante de llevar al aula para enriquecer la mirada de los estudiantes, reconocer los modos de referirse al movimiento y recontextualizar los planteamientos de Newton en la clase, particularmente de física. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, también se hace énfasis en la importancia del cómo enseñar ciencia en el aula de clase, no solo haciendo alusión a la matematización de fenómenos físicos, sino que también se tenga en cuenta los diferentes contextos en los que están involucrados los estudiantes en formación.

Al realizar la experiencia de aula se pudo evidenciar la importancia de la historia de las ciencias a la hora de explicar una temática en la que se destaca la importancia de la recontextualización con relación al movimiento de los cuerpos. Las discusiones realizadas en el aula fueron fundamentales para el desarrollo del documento ya que las opiniones y las elaboraciones realizadas por los estudiantes con respecto a algunas inquietudes planteadas fueron diversas, lo subraya que la construcción del conocimiento no se logra si todos piensan de la misma manera.

Ahora bien, se decidió trabajar con estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional ya que como futuros docentes es de suma importancia que se piensen el conocimiento como una construcción colectiva realizada al entretrejer las ideas propuestas por el docente y los estudiantes asistentes a sus respectivas cátedras; adicionalmente se tomó esta decisión ya que estos mismos marcarán la pauta en la enseñanza de la física tomándola no como un área netamente algorítmica, sino que esta misma es un área para pensar y relacionar con sus vivencias cotidianas.

A continuación se realizara la descripción de cada una de las partes que componen el presente documento para que el lector tenga una primera idea de su contenido.

Primera parte: indagando el problema.

En la construcción del conocimiento en el aula de clase hay que tener en cuenta los contenidos que se enseñan y las estrategias que se utilizan para que esta construcción en el camino no se convierta en una trasmisión de información sin un enfoque claro; en este orden de ideas, en esta sección del trabajo se hace alusión a la importancia del papel del estudiante y sus inquietudes acerca del mundo físico y del papel del docente en el aula de clase y que imagen tiene el mismo ante una sociedad en proceso continuo de educación; adicionalmente en esta sección se plasma la problemática que se tuvo en cuenta y fue un punto de partida fundamental para construir el documento proponiendo una solución viable a la misma.

Segunda parte: experiencias e investigaciones anteriores

En esta sección se hizo una recopilación de algunos documentos que tienen información que se tuvo en cuenta para la construcción disciplinar y pedagógica del documento. Cabe destacar que los autores consultados fueron de gran ayuda en cuanto a sus experiencias en la enseñanza de la física y la construcción de explicaciones en el aula de clase, lo que dio un enfoque más claro al presente documento.

Tercera parte: la recontextualización de saberes y la elaboración de explicaciones en la clase de física

En el siguiente documento está incluida una de las secciones más fundamentales en cuanto a enfoque pedagógico del trabajo concierne, ya que incluye en si la importancia de los contextos y de la recontextualización de saberes en el desarrollo de la clase de física; para la construcción argumentativa de esta sección se tuvo en cuenta varios autores, en especial los aportes significativos en la enseñanza de la física y en la investigación en formación de profesores de física hechos por la profesora María Mercedes Ayala y el profesor José Granes.

Cuarta parte: el movimiento en la época de la filosofía natural

Esta sección incluye un ejercicio de recontextualización de los aportes hechos por algunos autores anteriores a Newton; estos autores se escogieron teniendo en cuenta el tema central del documento en cuanto a lo disciplinar y como los aportes de los mismo fueron claves para la descripción del movimiento realiza por Newton en el siglo XVII. Cabe mencionar que en la construcción de esta sección se tuvieron en cuenta algunas obras de estos autores y documentos de autores que comentan acerca de las mismas. En esta sección está incluido los aspectos fundamentales en la perspectiva Newtoniana acerca del movimiento de los cuerpos; para ello se tuvo en cuenta los distintos contextos involucrados en la época en la cual vivía Newton, desde su contexto familiar y personal, hasta el contexto científico de la época, adicionalmente se incluye algunos desarrollos matemáticos que explican de una manera más concreta los aportes hechos por Newton al conocimiento científico de la época en cuanto a la relación que este mismo establece entre las matemáticas y la geometría en general.

Quinta parte: aspectos metodológicos

Luego de realizar una breve descripción de las secciones anteriores, se procedió a mencionar algunos aspectos metodológicos tenidos en cuenta para el desarrollo del documento. Principalmente se tuvo en cuenta una metodología que involucrara al estudiante en la construcción de conocimiento y que este mismo fuera un elemento fundamental en el desarrollo de una clase de física. En esta sección está incluido un esquema que plasma la dinámica del trabajo que se realizó y que factores fueron tenidos en cuenta para empalmar lo disciplinar y pedagógico del documento.

Sexta parte: descripción de la sistematización de la experiencia de aula

En esta sección de trabajo se documentó las experiencias de aula en las cuales se recopilaron algunas de las opiniones e ideas propuestas por los estudiantes de primer semestre de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional con respecto al papel que juega la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias y como estos dos aspectos fueron fundamentales para el abordaje de los contextos involucrados en la vida y obra de Isaac Newton; con esto, se da paso a una reflexión final de lo realizado a lo largo del documento. Cabe agradecer a los estudiantes de primer semestre de 2015-2 y de segundo semestre de 2016-1 por su activa participación y disposición durante el desarrollo de las actividades planeadas para la construcción del documento final, al profesor Eduardo Garzón y a la profesora Nidia Tuay por ceder el espacio académico para la implementación de las propuestas de aula.

PRIMERA PARTE

INDAGANDO EL PROBLEMA

Un número apreciable de trabajos de investigación, artículos en revistas especializadas y libros en el campo de la didáctica de las ciencias coinciden en afirmar que lo que se enseña y se aprende en la actualidad en nuestras instituciones escolares, es un conjunto de resultados (enunciados, algoritmos, razonamientos, etc.) y técnicas de solución de ejercicios que únicamente tienen en cuenta la parte matemática del mismo, dejando a un lado los diferentes contextos que se ven involucrados. Se aprende los resultados pero se continúa asumiendo la ciencia y el conocimiento (Pedreros, Méndez, Sastoque & Galindo 2006).

En este sentido, las prácticas escolares se orientan más al aprendizaje de las “estrategias para aplicar la teoría”, que a explorar su vínculo con los fenómenos físicos involucrados y las instancias de aplicación de “la teoría” que no son otra cosa que la solución a los problemas que propone el libro o el maestro, es decir, la

enseñanza de la física ha tomado en algunas ocasiones un rumbo “algorítmico” en búsqueda de un valor numérico que satisfaga una pregunta ya orientada y condicionada a ser respondida con esa única respuesta, negándole al estudiante a indagar acerca de la relación existente entre su cotidianidad y el mundo físico que lo rodea. En muy escasas ocasiones lo que se aprende como ciencia se utiliza para explicarse situaciones cotidianas o para solucionar problemas.

Los aspectos problemáticos que distorsionan la mirada de la ciencia, en particular de la física, se presentan a propósito de su enseñanza, entre los que se encuentra lo siguiente: *Enseñanza centrada en la información, lo que se enseña no es útil para el que aprende y lo que se enseñe no permiten la comprensión.* (Segura, 2002).

Otro aspecto está relacionado con la imagen que aún persiste en algunas instituciones escolares sobre el maestro de física, como una persona que es poco sociable, como aquel “científico solitario” que al parecer sus únicos intereses son estudiar y conocer más acerca de su área. No se reconoce su compromiso en la acción pedagógica que implica una manera de significar la ciencia, en particular la física y no se distingue la actividad de los científicos del quehacer del maestro. No se diferencian o no se tienen en cuenta los contextos de producción y sus implicaciones culturales en la forma de conocer de cada uno.

En el caso particular de la clase de Física se plantean inquietudes como ¿Por qué explicar y a quien se debe explicar?, ¿Cuál es la motivación del docente en física para aprender más acerca de su área? (Bachelard 1971) y ¿Qué sabe al respecto de lo que va a abordar en la clase? Preguntas que son relevantes en el presenta trabajo.

Como punto de partida se asume que el docente tiene un conocimiento al respecto, además ha constituido una explicación para sí, pero esto lleva a pensarse ¿Cuáles son las consideraciones histórico – epistemológicas en la enseñanza del estudio del movimiento desde una perspectiva newtoniana? o simplemente se tiene en cuenta el aspecto matemático para la elaboración de la misma. A partir de lo expuesto emerge la pregunta investigativa del presente

trabajo: ***¿Cómo puede contribuir el estudio histórico epistemológico del movimiento desde una perspectiva Newtoniana en la enseñanza de la física para profesores en formación?*** Adicionalmente se tiene como objetivo general, ***Diseñar e implementar una propuesta de aula sobre el estudio del movimiento con estudiantes de primer semestre de la Universidad Pedagógica Nacional en la cual se pueda Identificar las consideraciones histórico - epistemológicas en la enseñanza del movimiento desde la perspectiva newtoniana*** y en específicos, ***Reflexionar sobre los distintos contextos involucrados de la perspectiva Newtoniana acerca del movimiento; Profundizar en los planteamientos históricos y epistemológicos en el estudio del movimiento desde la perspectiva Newtoniana; Diseñar e implementar una propuesta de aula sobre el estudio del movimiento desde una perspectiva Newtoniana con estudiantes de primer semestre de la Universidad Pedagógica Nacional; Analizar el proceso llevado al aula, sus implicaciones y posibilidades en la clase de Física.***

SEGUNDA PARTE

EXPERIENCIAS E INVESTIGACIONES ANTERIORES

En esta revisión y análisis se tienen en cuenta trabajos a nivel local, nacional e internacional, se agrupan por énfasis y tendencias como son por lo disciplinar, pedagógico-didáctico e histórico-epistemológico.

El historiador y filósofo de la ciencia Thomas Kuhn (1971: pág. 36), menciona que *“...decir que la ciencia, al menos después de cierto punto de su desarrollo, progresa de una manera en que no lo hacen otros campos, puede ser completamente erróneo, cualquiera que sea tal progreso”*. Con lo mencionado se da a entender que la ciencia no está desligada de los contextos en los cuales se genera, sino que esta misma es fundamental para el desarrollo de una comunidad lo que da a entender que la ciencia no es un campo aislado, sino que esta misma es un gran aporte para la investigación y construcción de conocimiento en otras áreas.

La preocupación en el contexto de los programas de formación en Colombia no es reciente. Sánchez (1987), hace referencia al papel que ha jugado la historia y la epistemología en la explicación de un evento en física, teniendo en cuenta que los documentos que se han reproducido con relación a esto han tenido una mayor recepción por parte de la comunidad interesada en esta temática. Ochoa (2004: pág.2) dice, particularmente en cuanto a la enseñanza de la física *“la forma como se asume la enseñanza de la física, como se presenta en los textos escolares, ha estado promovida por una cosmovisión de la naturaleza que podría ubicarse en el marco del ideal de conocimiento que subyace a una mirada clásica de las ciencias”*, estableciéndose una relación entre la concepción que se tiene acerca del conocimiento científico y la enseñanza de la física. Estas reflexiones son pertinentes para el presente trabajo en tanto permiten hacer distinciones de la mirada disciplinar y pedagógica en los procesos de enseñanza-aprendizaje, particularmente en la clase de Física.

Por su parte Ayala (2006: pág. 20), con respecto a la formación de profesores menciona que *“No obstante, los cursos de ciencias a través de los cuales los maestros aprenden los contenidos disciplinares han sufrido muy poca transformación. Es así como, en la actualidad, el profesor de ciencias se ve abocado en su formación a dos tipos de aproximaciones a las ciencias contradictorios entre sí: una formal y aproblemática, a través de la cual aprende los contenidos científicos, y otra en la que las discusiones históricas y epistemológicas sobre la ciencia permite la reflexión sobre el quehacer y el conocimiento científico”*. Dando a entender la relevancia que tiene el maestro en ciencias en el proceso de construcción de conocimiento científico del estudiante.

Adicionalmente a esto el profesor José Granés en su artículo “del contexto de la producción del conocimiento al contexto de la enseñanza” menciona lo siguiente: *“los principios de recontextualización no dependen tan sólo de la lógica interna de la disciplina o de la experiencia de los maestros. Los principios son, ante todo, hechos sociales. Por tanto, los procesos de recontextualización están sujetos al control impartido por determinados agentes sociales y estatales, como pueden ser,*

por ejemplo, el Ministerio de Educación, consejos o comités especializados encargados de la elaboración de planes de estudio, textos y materiales de enseñanza para la escuela secundaria, grupos universitarios, asociaciones de maestros, etc.”. la opinión de este autor lleva a direccionar el presente trabajo con respecto a la relación recíproca que existe entre la educación y los distintos contextos que están involucradas en el desarrollo y construcción de conocimiento entre el docente y los estudiantes.

Por su parte Katz (2011) expresa que *“Toda ciencia se ocupa de estudiar un determinado campo de la realidad aunque, en la práctica, dichos campos suelen tener límites bastante difusos. Esto hace que, a menudo, los objetos de conocimiento de distintas ciencias se superpongan. Además, los objetos de estudio de una disciplina cambian a medida que lo hacen las teorías científicas; ciertos puntos de vista son abandonados o bien, en otro momento de la historia de la ciencia, pueden ser readmitidos”*. Estos investigadores son algunos de los que empiezan a orientar los referentes conceptuales del presente trabajo.

En cuanto a lo disciplinar y pedagógico-didáctico Rodríguez (2012), considera que hay que tener en cuenta la importancia del docente en física a la hora de dar a conocer las temáticas propuestas en el aula de clase y adicionalmente a esto que la física no es exclusiva de los físicos, sino esta misma también va dirigida a la población estudiantil, con respecto a lo anteriormente mencionado.

TERCERA PARTE

LA RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES Y LA ELABORACIÓN DE EXPLICACIONES EN LA CLASE DE FÍSICA

Cuando se tiene a cargo la responsabilidad de construir conocimiento con una población estudiantil en el área de física, hay que tener en cuenta que el docente este apropiado de las temáticas que va a enseñar en el aula de clase, ya que el mismo no podrá lograr un impacto en sus estudiantes si las temáticas a enseñar no han generado un impacto primeramente en él. Teniendo en cuenta que la física está más relacionada con la cotidianidad del estudiante de lo que en algunos casos el docente cree, es de suma importancia que el docente posea las herramientas pedagógicas y sobretodo un discurso elaborado y argumentado que pueda llevar al estudiante a hallarle sentido a lo que se le está enseñando en el aula y no por el contrario, establecer un “abismo intransitable” entre la física y su realidad.

A continuación se presentaran dos herramientas que son de suma importancia para la enseñanza de la física y como estas dos poseen una relación de reciprocidad que a su vez están estrechamente relacionadas con la concepción de mundo que posee el estudiante.

Recontextualización de saberes científicos.

En el estudio de la ciencias generalmente se establece una relación entre la acción de construir ciencia con los resultados finales que arrojan estos estudios, pero hay que tener en cuenta que no solo hay que enfocar la mirada en los resultados sino en el contexto en el cual se realizó su proceso de construcción, ya sean su contexto histórico, epistemológico o social. Teniendo en cuenta esta perspectiva se concibe a la ciencia como una relación entre los objetos físicos teniendo en cuenta estos contextos y que a su vez muestra diferentes puntos de vista que da pie a la recontextualización de un evento científico. (Ayala 2006).

La base para que el conocimiento que se construye tenga pertinencia con relación a la constante actualización en cuestión de ciencia es que este mismo circule

(Granés y Caicedo) y que no se quede “estancado en el solo contexto de producción”. Adicionalmente a esto, el docente en ciencias debe tener en cuenta que hasta ahora no se ha dicho la última palabra acerca de la ciencia como construcción de conocimiento entre varias partes, las cuales tienen diferentes puntos de vista acerca de un fenómeno físico. Thomas Kuhn (1970) se refiere a lo anterior como “el origen de una crisis” con las siguientes palabras: *“el descubrimiento comienza con la percepción de la anomalía; o sea, con el reconocimiento de que en cierto modo la naturaleza ha violado las expectativas, inducidas por el paradigma, que rigen a la ciencia normal”*¹; lo que deja el camino abierto a la “exploración no polarizada”² de un evento físico presente en la naturaleza. Lo interesante del ejercicio de construir conocimiento no es solo que el estudiante se apropie de una temática y la domine, sino que el estudiante pueda llevar este conocimiento construido a ser analizado desde diferentes contextos, con esto no solo tendrá una mirada de un evento físico, sino varias miradas que le permitirán considerar lo aprendido como *útil y relacionado con su realidad*. Cuando se traslada una temática de un contexto a otro es lo que se denomina como *recontextualizar*. Este ejercicio de recontextualización implica una construcción de un discurso que no deje a un lado las experiencias y la información brindada por el contexto anterior, sino que al contrario establezca una relación entre estos dos contextos para que el conocimiento que se construya sea más integral. Cuando se realiza la actividad de recontextualizar un evento en física se tiene que tener en cuenta que lo que el docente realiza no es un “aporte a la evolución del concepto”, el docente realiza un ejercicio de interiorización acerca de una información recibida y luego de esto elabora una explicación que esté relacionada con la población a la cual está dirigida, la cual a medida que el proceso de construcción de conocimiento científico avance, le surgirán varias inquietudes que son claves para que lo visto en el aula de clase sea significativo y aplicable a la cotidianidad.

¹ Kuhn T (1970). “La estructura de las revoluciones científicas”. Breviario del fondo de cultura económica. Página 93.

² Se hace referencia a la exploración no polarizada como el lineamiento de la construcción del conocimiento científico.

La elaboración de explicaciones

En el presente trabajo se asume los planteamientos de Bautista, Rodríguez (1996: pág.: 66-67) en cuanto a la elaboración de explicaciones, quienes plantean que:

“Asumir la ciencia como actividad pone de relieve los aspectos epistemológicos, especialmente todo aquello que determina la relación que los individuos establecen con el conocimiento, lo cual nos lleva a enfatizar; primero, que se trata principalmente de la actividad de construcción de explicaciones a fenómenos naturales, explicaciones que se enmarcan en concepciones de mundo que responden a los sistemas ideológicos que le subyacen y que determinan el carácter de los compromisos de los participantes. Segundo, para que surjan nuevas explicaciones se hace necesario en los compromisos epistemológicos, es decir, que se produzcan cambios en las concepciones de mundo lo cual a su vez posibilita en surgimiento de nuevos problemas; por últimos los contenidos –los productos de las actividades- pasan, de este modo a un segundo plano. Se trata, entonces, de formar personas que puedan desarrollar la actividad de producción de conocimientos más que de la simple adquisición o distribución de los mismos”.

Lo anteriormente expuesto es relevante para el trabajo dado que tanto en el estudio histórico-epistemológico como en los procesos que se van a llevar al aula están mediados por la comprensión y elaboración de explicaciones sobre el estudio del movimiento.

Cuando un docente construye un discurso teniendo en cuenta los distintos contextos que rodean un evento físico y como sus estudiantes puede relacionar estos mismos debe tener en cuenta el lenguaje que usan para dar a entender una cierta temática en el aula de clase, ya que en algunas ocasiones teniendo la intención de lograr generar en el estudiante un nivel de comprensión mayor de las

temáticas propuestas dentro de un plan de estudio, utiliza un lenguaje bastante formal sin tener en cuenta el contexto real de la clase, es decir qué conocimientos previos tiene el estudiante acerca de dichas temáticas, generando “confusiones conceptuales”, lo que podría llevar a que el objetivo de aprendizaje de la clase no se pueda llevar con satisfacción, claro está, con lo anteriormente dicho no se enfatiza que en un aula de clase el 100% de los estudiantes le hallen sentido a las temáticas propuestas, sino que al relacionar la manera en la cual el docente expone su discurso ante los estudiantes y la realidad académica de los mismos se pueda llegar a una comprensión mayor y una mirada distinta de dichas temáticas.

CUARTA PARTE

EL MOVIMIENTO EN LA ÉPOCA DE LA FILOSOFÍA NATURAL

EL MOVIMIENTO EN LA ANTIGÜEDAD Y EN LA EDAD MEDIA

Sin tratar de ser exhaustivo, se presenta un panorama de las principales perspectivas que, en el contexto de la filosofía natural se ocupan del movimiento como fenómeno a ser explicado y que, con mayor o menor influencia, son objeto de consideración en la época en que Newton adelanta sus investigaciones.

Perspectiva aristotélica

Para Aristóteles había dos términos de suma importancia y a su vez relacionados entre sí, uno de estos era el término “*dynamis*”, cuyo significado es potencia, y el otro término era “*energía*”, que significa acto (ARISTOTELES, 1995). Estos con relación al ser humano vienen a ser el *logos*, es decir, la razón. Este concepto de *energeia* es fundamental en Aristóteles, porque con dicho concepto manifiesta la idea de *ser en obra* o *ser en movimiento* que caracteriza al hombre. Con relación a la *physis* o la *naturaleza*, el problema de mayor relevancia era el elaborar una explicación razonable acerca del movimiento de los objetos, ya que este continuó con los estudios realizados por la escuela presocrática acerca de los objetos en hallados en la naturaleza que permanece inmutables al ser sometidos al cambio, adicionalmente a esto, Aristóteles llega a una conclusión totalmente distinta a la de

su maestro Platón, ya que para este mismo las ideas eran inmutables separadas y eternas, pero para Aristóteles estas ideas o formas son existentes en su totalidad, pero inseparables de la materia. Con respecto a lo anterior Aristóteles decía:

“Ahora bien, si cada una de las cosas movibles ha sido generada, entonces con anterioridad a este movimiento tendrá que haber habido otro cambio o movimiento, aquel por el cual fue generado lo que puede ser movido o mover. Y suponer que tales cosas hayan existido siempre con anterioridad al movimiento parece una suposición absurda a poco que se la considere, y parecerá todavía más absurda conforme avancemos en nuestro examen”³.

Al hablar de movimiento Aristóteles afirmaba que este mismo se dividía en dos clases que darían una explicación razonable acerca del porque se mueven los objetos; una de estas clases era el *movimiento natural* de los objetos, teniendo como característica fundamental que este mismo se origina partiendo de la *naturaleza* de un objeto, teniendo en cuenta la combinación de los cuatro elementos que conforman el mismo (tierra, agua, aire y fuego). Adicionalmente a esto Aristóteles consideraba que todo objeto en el universo tiene un lugar propio afirmando que los objetos más pesados opondrían resistencia con más fuerza. En consecuencia, la rapidez con la que cae un objeto es directamente proporcional al peso del mismo. Este movimiento natural podía ser directo *hacia arriba* o directo *hacia abajo*, estando en la Tierra; o podía ser circular, como en el caso de los objetos celestes. A esto Thomas Kuhn (1985) se refiere de la siguiente manera: *“para Aristóteles el universo entero estaba en la esfera de las estrellas o más exactamente dentro de la superficie externa de dicha esfera”⁴* estableciendo una relación entre la perfección de la esfera, la isotropía de la misma y el espacio en función de la materia. La otra clase de movimiento, es el *movimiento violento* teniendo como causa una fuerza de empuje; es decir, este movimiento es impuesto, un ejemplo de ello es la fuerza con la que el viento empuja a un barco, o la fuerza con la que se tira una piedra, pero este movimiento violento tiene sus

³ ARISTOTELES. FISICA. TRADUCCION Y NOTAS. GUILLERMO ECHANDIA PAG. 269

⁴ Kuhn (1985). *La Revolución Copernicana*. editorial Methodos.

dificultades, una de ellas se evidencia cuando un arquero lanza una flecha con su arco; Aristóteles afirmaba que luego que la flecha era impulsada por el arco, el viento ejercía una “presión” en la parte trasera de la misma impulsándola hasta su destino. Con lo anteriormente mencionado se da a conocer que para Aristóteles para que haya un movimiento ya sea terrestre o celeste tiene que haber un contacto entre el agente que *mueve* y el cuerpo que *se mueve*, y por esta razón para este mismo no habría una “*dynamis*” tal para mover a la tierra, por consiguiente la tierra es el centro de todo lo que existe, dando a entender que para que hubiese una causa, estrictamente tenía que haber otra, y que esta misma debe ser perceptible por nuestros sentidos para ser razonada.

Perspectiva Galileana

Al establecer las ideas mecanicistas propuestas por Aristóteles que tuvieron gran acogida en toda la Edad Media y parte del renacimiento, el paradigma aristotélico acerca del movimiento de los cuerpos establecía una relación estrecha entre las cualidades inherentes de los cuerpos y cuando estos mismos alcanzaban la “perfección”, esto es cuando ocupaban su estado natural; teniendo en cuenta que Aristóteles en su modo de ver el mundo de manera filosófico-científico establecía la tierra como el centro del espacio finito en relación con el tiempo infinito, sirvió como pauta para los futuros avances de Galileo (KUHN, 1971).

Para Galileo la mecánica es una ciencia axiomática, es decir, necesita un conjunto de axiomas que brinden definiciones a algunos conceptos tales que sean de gran utilidad para realizar futuros estudios acerca de la mecánica; hay que tener en cuenta que para la época era muy difícil dar estas definiciones con un lenguaje que no hiriera la susceptibilidad de las creencias religiosas, por ello Galileo debía utilizar un lenguaje adecuado para exponer sus ideas acerca del movimiento sin ser condenado a muerte por hereje. La importancia de la obra escrita por Galileo y titulada *LE MECANICHE (1600)* estaba en que esta misma contenía conceptos claramente definidos. A continuación se citarán algunas definiciones encontradas en esta obra:

- *"Llamamos, por tanto, gravedad a la tendencia a moverse naturalmente hacia abajo, la cual, en los cuerpos pesados, se descubre causada por la mayor o menor abundancia de materia por la que estén constituidos"*
- *"Momento es la tendencia a ir hacia abajo, causada no tanto por la gravedad del móvil, cuanto por la disposición que se da entre distintos cuerpos pesados; mediante el tal momento se puede ver muchas veces un cuerpo menos pesado servir de contrapeso a otro de mayor gravedad: como en la romana se ve un contrapeso cual, junto con la gravedad del peso menor, le aumenta el momento e ímpetu de ir hacia abajo, con el que puede superar el momento del otro grave mayor. Es, por tanto, el momento es el ímpetu de ir hacia abajo, compuesto por gravedad, posición y alguna otra cosa por la que pueda estar causada tal tendencia"⁵.*

Como se puede evidenciar en las anteriores definiciones, Galileo menciona que en el problema del movimiento vertical de los mismos no depende estrictamente de la cantidad de materia, sino que hay una acción gravitatoria que interviene. Un ejemplo de ello es el problema propuesto en el aula de clase que consta en dejar caer una hoja de papel y un libro y formular la pregunta acerca de quien llega primero al piso, si se mira desde la perspectiva aristotélica, llega primero el libro porque es más denso que la hoja, pero si se coloca la hoja encima del libro y se dejan caer, se evidencia que la perspectiva Galileana da la mejor explicación.

En la época en la cual se encontraba Galileo eran muy famosos los experimentos capaces de vencer a las leyes de la naturaleza para el beneficio de la población, atribuyéndoles propiedades milagrosas, es decir como en la época la población no tenían acceso libre a la información con su respectivo proceso de elaboración, las explicaciones a los fenómenos naturales eran reducidas a fetiches, en lo que Galileo no estaba de acuerdo; él afirmaba por medio de sus estudios que en el

⁵ Romano Gatto. *Consideraciones sobre las mecánicas de Galileo. Università della Basilicata. pag 17*

estudio de la mecánica no intervenían explicaciones místicas, sino que la mecánica, por el contrario, es la ciencia que pone de manifiesto "las razones" y muestra "las causas" de aquellos efectos que sólo a los poco avezados en tal ciencia pueden parecerles milagrosos⁶. Galileo, por tanto, quiere despojar a la ciencia mecánica de cualquier atributo fantasioso y conferirle la identidad de ciencia racional, lo cual da otra mirada al concepto del movimiento. Galileo lo define de la siguiente manera:

- *"La ciencia de la Mecánica es aquella disciplina que muestra las razones y descubre las causas de los efectos milagrosos que vemos que se producen con diversos instrumentos, como lo es mover y levantar pesos muy grandes con muy poca fuerza"*⁷.

En enero de 1610 Galileo dirige su telescopio hacia Júpiter al que lo rodeaban cuatro pequeños planetas. Al cabo de los días Galileo se dio cuenta que las cuatro estrellas estaban en la misma posición desde cuando las comenzó a observar, llegando a la conclusión que estarían girando alrededor de Júpiter, lo que a su vez conllevaba a que no todo giraba alrededor de la tierra como lo aseguraba la perspectiva Aristotélica.

Con este descubrimiento Galileo se considera un seguidor de Copérnico, y con estas ideas realiza el estudio de las fases de la luna y del planeta venus. Al notar que eran similares concluye que estos giran alrededor del sol y no de la tierra. Años más tarde siguió interesado en observar los astros entre esos a Saturno, argumentándose más acerca de la teoría de Copérnico y defendiéndose de los ataques de la iglesia (KUHN, 1971), en especial de los Jesuitas y los teólogos de la escolástica, para quienes los estudios hechos por Copérnico y seguidos por Galileo estaban en contra de las sagradas escrituras, remitiendo este problema al

⁶ Romano Gatto. *Consideraciones sobre las mecánicas de Galileo. Università della Basilicata .pag 6*

⁷ Romano Gatto. *Consideraciones sobre las mecánicas de Galileo. Università della Basilicata .pag 6*

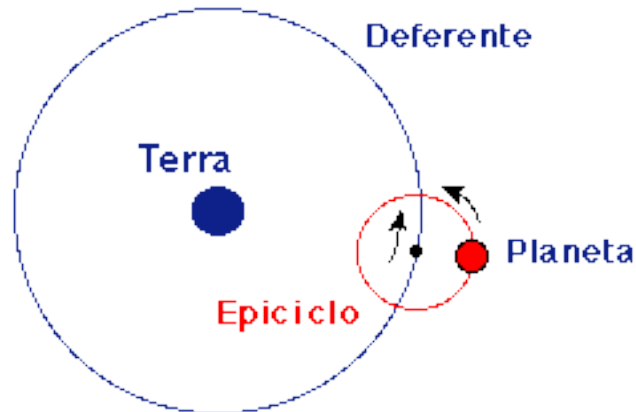
Santo Oficio el cual toma la determinación de censurar estos estudios, en especial el libro "*De revolutionibus orbium caelestium*" (Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes, 1543), escrito por Copérnico en el que afirmaba que el sol es el centro del universo y que los planetas giran alrededor de él, adicionalmente a esto se plantea que la tierra tiene tres movimientos, el movimiento rotacional orbital y cónico alrededor de su propio eje, entre otras premisas que planteaban una manera distinta de ver el universo. Los estudios realizados por Galileo acerca del movimiento estuvieron influenciados en gran manera por este trabajo, con base en esto propone un modelo del universo no estático, lo cual para su época era tomado por herejía y locura. ", Adicionalmente a esto Thomas Kuhn menciona que ⁸*"hasta que la ciencia aprende a ver la naturaleza de una manera diferente, el nuevo hecho no es completamente científico"*. Galileo defendió su descubrimiento "revolucionario" hasta el día en el cual fue condenado a la prisión perpetua en su casa en la cual pierde la visión y muere en el año de 1642.

Perspectiva Kepleriana:

En el año de 1599 Kepler empezaría su trabajo al lado del astrónomo Danés Tycho Brahe (1546-1601); este astrónomo fue una pieza clave para los estudios de Kepler, ya que tenía una gran colección de observaciones que había recogido desde su adolescencia; estas observaciones se caracterizarían por su gran precisión y exactitud, lo que los llevó a constituirse en pilar de la astronomía moderna desplazando a la postura ptolomeana. Adicionalmente Tycho se pensó un nuevo modelo cosmológico que influenciado por la física Aristotélica, dejaría a la tierra inmóvil, pero viendo que el modelo heliocéntrico tenía ciertas ventajas con respecto a sus bases teóricas, combinaría estas dos teorías dejando en el centro e inmóviles a la Tierra, a la Luna y al Sol y estos giraban alrededor de la tierra. Lo que diferenciaría a este esquema propuesto por Ptolomeo, es que los otros planetas girarían alrededor del Sol, incluyendo a la Tierra.

⁸ Kuhn (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica. Página 93.

A continuación se expone una imagen que representa el modelo de mundo propuesto por Tycho Brahe el cual establece una relación entre sus observaciones y los epiciclos propuestos en la antigüedad por los filósofos griegos Apolonio e Hiparco y “mejorado” por Ptolomeo.



⁹*Epiciclo como propuesta del movimiento planetario*

Ahora bien, teniendo este modelo Kepler pretendía mejorarlo para así dar mayores argumentos a la teoría propuesta por Copérnico.

Thomas Kuhn menciona al respecto lo siguiente: *“las investigaciones de Johannes Kepler el más célebre de los colegas de Brahe constituyen un mejor índice de los nuevos problemas que se le planteaban a la astronomía después de la desaparición de Copérnico siendo él mismo Copernicano toda su vida”*¹⁰. Kepler planteó un complemento en cuanto a geometría y matemáticas al modelo de mundo propuesto por Copérnico, lo que daba a conocer otros paradigmas a tratar dentro del misterio del movimiento del universo y como este mismo podría ser afectado por el movimiento de nuestro mundo.

⁹ Imagen tomada

de https://www.google.com.co/search?newwindow=1&biw=1024&bih=673&tbm=isch&q=tycho+brahe+teoria&revid=25351415&sa=X&ei=SIW1VI_olcyVNo_vgLAN&ved=0CB0Q1QIoAA

¹⁰ Kuhn (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica. Página 93.

En 1596 Kepler realiza la publicación de su primer trabajo escrito llamado *“Misterio del Cosmos”*, en el cual pretende demostrar la validez de la teoría heliocéntrica teniendo como base el número de planetas que se reconocían para esta época; cinco planetas sin contar la Tierra, contrario a los seis planetas existentes para Copérnico, en este sistema Copernicano, el Sol cumplía la función de foco de iluminación para los planetas, mas no se consideraba como un *agente causal de movimiento*. Lo que destaco a Kepler fue la idealización del Sol como un centro de fuerza; teniendo en cuenta que en esta época no solo la geometría y las matemáticas poseían un carácter divino, sino también el Sol como generador de luz y calor; lo que lleva a Kepler a concluir que el Sol es el centro dinámico del universo, siendo este mismo la *fuerza de movimiento de los planetas*¹¹. Al respecto Thomas Kuhn comenta: *“no obstante, si Kepler aprobaba plenamente la concepción de un sistema heliocéntrico, se mostró muy crítico en cuanto al sistema matemático elaborado por Copérnico”*¹². Lo que lo obligaba a plantear un sistema matemático tal que pudiera satisfacer la demanda de argumentos por parte de la comunidad científica de ese tiempo.

En este orden de ideas, Kepler se propone explicar los fenómenos celestes correspondientes al movimiento por medio de una serie de combinaciones entre círculos como lo proponía la astronomía Griega, ya que para estos el círculo era la figura de la perfección, por tanto, el universo debería ser homogéneo y uniforme. Teniendo en cuenta esto, Kepler escribe un libro al que denomino *Astronomía Nova*, enfocándose en el movimiento del planeta Marte y su explicación basándose en el movimiento circular uniforme. Sin embargo, Kepler se niega a utilizar los *epiciclos*¹³, y para dar una explicación al aparente movimiento errante del planeta, concluye que Marte no se mueve con velocidad constante, es decir que no es uniforme. Al realizar un estudio similar con la Tierra concluye que *la velocidad de los planetas es inversamente proporcional a su distancia al sol,*

¹¹ “la historia de las ciencias”. Mauricio Nieto.

¹² Kuhn (1985). *La Revolución Copernicana*. editorial Methodos.

¹³ *Epiciclo: representación geométrica que da cuenta de la relación directamente proporcional entre la velocidad y el movimiento de los cuerpos celestes. Detalles <http://diccionario.babylon.com/epiciclo?&tl=/>*

dando pie al a *ley de las velocidades*. Con esto abandona la idea de explicar el movimiento en términos circulares y plantea su primera ley que cita: *los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de sus focos*. Teniendo en cuenta la anterior ley, Kepler desarrollaría su segunda ley del movimiento planetario que cita: *la línea que une al Sol con el planeta barre áreas iguales en tiempos iguales*. En consecuencia de su segunda ley, Kepler propone lo siguiente: *el cuadrado del periodo que demora cada planeta en girar alrededor del Sol es proporcional al cubo de su distancia media con éste*; conocida como su tercera ley.

Al mirar estas leyes hay que tener en cuenta que Kepler no solo reconoció los aportes hechos por Copérnico, sino que transformó la manera de concebir el cosmos; adicionalmente a esto, el modelo propuesto por Kepler, redujo el número de orbitas de 34 círculos a 7 elipses, lo que para la época fue revolucionario y a su vez profano.

Perspectiva Cartesiana

Al hablar de Descartes en el contexto científico hay que destacar que luego de estudiar filosofía se dio a la tarea de sugerirse a sí mismo un método que lo ayudaría a encontrar el verdadero árbol del conocimiento; al estudiar a Galileo, Descartes afirmaba que esta manera de explicar los fenómenos físicos fueron un gran aporte a la manera de concebir el mundo en la Edad Media no tan teísta sino más racional , lo que conlleva a la publicación más famosa de este llamada *el discurso sobre el método* en el año de 1637; obra dividida en seis partes en la cual Descartes realiza un análisis acerca *del método deductivo* al cual apoya diciendo que *la deducción parece ser el único camino seguro para evadir los pocos confiables efectos de la experiencia de los sentidos*.

Siguiendo con este contexto, Descartes va a plantear un análisis geométrico que demostraría luego ser más sencillo de entender que la antigua geometría euclidiana¹⁴.

¹⁴ Newton (tomo 1).Gale E. Crhistianson. Pag.50. párrafo 1.

Descartes veía el espacio como un *plenum infinito* compuesto de un fluido que lo rodeaba todo, que sería el Éter, el cual poseía la propiedad de dividirse ilimitadamente; en este orden de ideas, se puede decir que el mundo de descartes era netamente *mecanicista*.

Ahora bien, hay que tener en cuenta que concepción tenía Descartes acerca del movimiento y como él se dio a la tarea de describir los hechos del mundo en relación al movimiento en un lenguaje filosófico-matemático. Para Descartes, el mundo material es una substancia inerte, no pensante que únicamente puede ser entendida en términos de *tamaño, forma y movimiento, en donde no hay lugar para interpretación divina*;¹⁵ adicionalmente a esto, Descartes da una caracterización a la naturaleza en su primera “ley de la naturaleza” que cita:

*“La materia siempre se mantendría en el mismo estado a menos que entre en contacto con otras fuerzas que le obliguen a cambiar de estado”*¹⁶.

Con lo anteriormente dicho, Descartes encuentra un argumento más para decir que no se requiere nada para mantener la materia en movimiento; lo que rompe totalmente con el paradigma mecánico-empirista de Aristóteles del movimiento con “potencia infinita”; anexo a esto, para Descartes 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. Para Descartes las dimensiones espaciales se denominaban *extensión*, y el cambio de estado de una partícula lo denominaría *movimiento*, de aquí la famosa frase: “*dadme extensión y movimiento y reharé el mundo*”, anexo a esto, Descartes 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.

PERSPECTIVA NEWTONIANA ACERCA DEL MOVIMIENTO.

A lo largo de la historia de las ciencias, se han propuestos distintas metodologías para llegar a unas descripciones específicas del movimiento de los cuerpos tanto

¹⁵ Newton (tomo 1).Gale E. Crhistianson. Pag.51. párrafo 3.

¹⁶ “la historia de las ciencias”. Mauricio Nieto.

terrestres como celestes. Newton, siendo uno de los personajes que propuso formalizar tanto matemáticamente como geométrica el movimiento de los cuerpos según sus características y sus causas, marco una pauta significativa en el estudio de la mecánica tanto para sus contemporáneos como para sus predecesores.

Contexto familiar y personal de Newton

Isaac Newton nació en las primeras horas de navidad en el año de 1642 en una lujosa mansión llamada Woolsthorpe, Inglaterra; tres meses antes de que naciera había muerto su padre, también llamado Isaac. Luego de su nacimiento, su madre Hanna, contrae matrimonio con un clérigo de la época llamado Barbanas Smith, de gran prestigio social y económico.

Desde muy pequeño Newton demostró su interés por la ciencia, pero en la Grammar School no obtenía los resultados esperados, ya que en las clases no era el mejor en prestar atención a las actividades realizadas o responder a las preguntas que se le hacían, por esta razón a Newton se le sacó de estudiar a la edad de cinco años por sugerencia de su mamá. Uno de sus tíos le sugirió que lo mejor era que el joven fuese reintegrado a sus labores académicas, ya que a pesar de sus malas calificaciones en el colegio, demostrada una gran habilidad en el análisis de algunos fenómenos naturales. Luego de varias discusiones, Hanna accedió. A la edad de 17 años, Newton regresa a su casa para ejercer el cargo de director y administrador de las actividades agrícolas que se desarrollaban allí, en lo cual no se desempeñaban con propiedad, más bien, pasaba horas enteras leyendo libros y apartados que tuviesen que ver con filosofía y astronomía. Una vez más, el mismo tío que le sugirió a Hanna que Newton debía continuar con sus estudios a pesar de sus bajas calificaciones, le sugirió a la misma que Newton debería tener una formación universitaria. Al pasar de los meses, Newton ingresa al Trinity School en el año de 1661; pero Newton no ingresa con los privilegios que la fortuna dejada por Barbanas Smith le daría, al contrario, ingresa en el

rango de *sizar* para poder pagar sus estudios en el Trinity School, realizando actividades domésticas que incluía servir las mesas y realizar diligencias para los catedráticos y los luterres. Los *sizar* también servían al otro “rango” socio-económico llamados *los fellow-commoners*, que eran los integrantes más influyentes de la universidad de Cambridge; dentro de estos quehaceres estaba asear sus cuartos, conseguir el alimento que más les gustara y en algunos casos, peinarlos.

Hay que tener en cuenta que para esta época, Inglaterra estaba institucionalizando la ciencia con aportes económicos, para recibir retribuciones con fines políticos. Adicionalmente, en la época en la que nació Newton Descartes estaba elaborando sus principios de la filosofía y el *método* de entender estos mismos. Inglaterra establece la religión protestante como su religión oficial, lo que sería de gran importancia para entender el objeto de estudio de Newton y su manera de concebir el mundo que lo rodea¹⁷.

En 1665 Newton recibe el título de “*Bachelor of arts*” lo que le daría la oportunidad de convertirse en *scholar* de la Trinity School; dos años más tarde vuelve a Cambridge donde es elegido rápidamente como *fellow* del Trinity School, y dos años más tarde sería ascendido a “*Lucasian proffesor*” de matemáticas en la universidad de Cambridge; es allí donde Newton consigue la cúspide en sus investigaciones documentadas luego en sus *Principia*. Isaac Newton se casa seis meses antes del 20 de marzo de 1727, fecha en la cual fallece.

¹⁷ “la historia de las ciencias”. Mauricio Nieto

Newton y el movimiento

Newton desde muy joven fue un apasionado por las ciencias, dando en sus inicios interesantes aportes a la misma. En su juventud pasaba horas leyendo a los grandes pensadores del siglo en el cual estaba situado, principalmente a Galileo, Kepler, Copérnico y Descartes. Newton logra superar sus deficiencias en cuanto a matemáticas se refería, y a su vez, generan un panorama nuevo acerca del concepto de movimiento que siglos atrás ya se había pensado; en lo que Newton será un gran elemento en cuanto a la formalización matemática de los mismos. Guicciardini (2006) menciona que: *Las matemáticas tempranas de Newton se basaban en un uso bastante libre de las magnitudes infinitesimales (“momentos”; magnitudes “indefinidamente” o “infinitamente” pequeñas generadas por el flujo continuo en un momento de tiempo) y representaciones simbólicas cartesianas de las curvas (siendo las curvas representadas por ecuaciones).*

Siguiendo este orden de ideas, Newton se propone realizar una explicación más sistematizada y matemáticamente más elaborada que la propuesta por Rene Descartes, para ello relaciona la geometría euclidiana con las matemáticas ya aprendidas en el Trinity School, llega a la siguiente conclusión: *la ecuación de la curva no es una mera representación de la misma, sino que entraña la propia naturaleza de la curva, de tal modo que el estudio de la ecuación se convierte así en el estudio general de una curva de sus propiedades y sus límites*¹⁸. En curso del 1679 al año 1680, establece una comunicación epistolar con el secretario de la *Royal Society Robert Hooke*. En estas correspondencias Hooke realiza una sugerencia a Newton con respecto al tratamiento del movimiento de los cuerpos celestes, que en otras palabras catapultaría a Newton a realizar más adelante su teoría de la gravitación universal. Hooke le escribiría a Newton: *“por mi parte consideraría un favor que usted aceptara hacerme conocer por cartas sus objeciones a cualquiera de mis hipótesis y opiniones: muy particularmente si quisiese dejarme saber lo que usted piensa de la hipótesis según la cual los movimientos de los planetas se compondrían del movimiento rectilíneo por la*

¹⁸ “principia”. Introducción, traducción, y notas de Eloy Rada García .pagina 17 párrafo 2

*tangente y del movimiento de atracción hacia el cuerpo central*¹⁹. Hay que tener en cuenta que había una gran diferencia entre la manera de aseverar una hipótesis entre estos dos personajes teniendo en cuenta que Hooke no poseía la destreza matemática que tenía Newton.

Newton estudió problemas cartesianos de impacto entre cuerpos perfectamente elásticos, centro de gravedad, y por tanto de lugares geométricos de reflexión y refracción, entre otros, lo que lo llevo a plantear problemas de suma importancia para el estudio del movimiento, como lo son los conceptos de masa, velocidad, rapidez, fuerza e inercia. A continuación se presentara un ejemplo de cómo Newton relaciona la matemática con la geometría sin alterar su significado físico.

Teniendo la función: $f(x) = ax^2 + bx + c$ Con b y $c = 0$ con su respectiva gráfica:

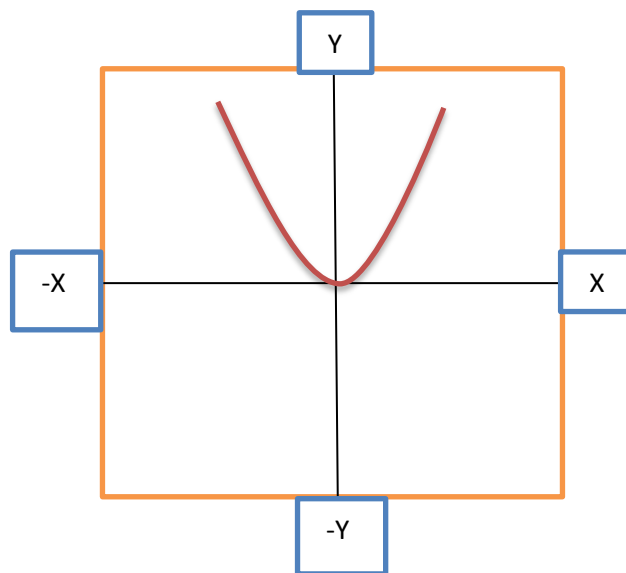


Imagen número uno

¹⁹ Granes J (1988). *Newton y el empirismo*. Universidad Nacional de Colombia. Pag 62.

Si se elabora una gráfica de la función, pero con signo negativo, es decir:

$$f(x) = -ax^2 + bx + c \quad \text{Con } b \text{ y } c = 0$$

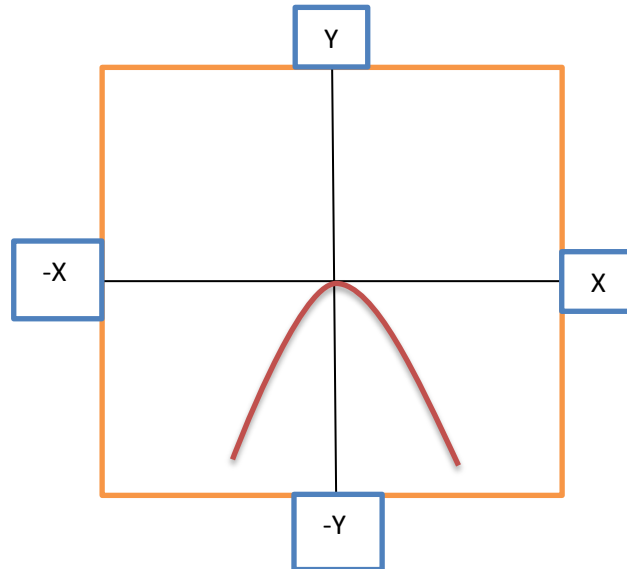


Imagen número dos

Se puede apreciar lo siguiente: la forma de la ecuación no se ve afectada, sigue manteniendo el mismo grado sin importar desde que punto de vista se analice (geoméricamente o matemáticamente). Esta convergencia entre estas dos formas de ver una problemática en matemáticas, daría a Newton una nueva perspectiva acerca de cómo las matemáticas que ha aprendido serían de gran aplicación para sus futuras explicaciones acerca del concepto de movimiento. Hay que aclarar que este descubrimiento que luego Newton redactaría entre 1664 y 1666 en un documento resumiendo sus hallazgos, no estaría alejado de sus estudios en mecánica, en primer lugar porque para Descartes la matemática y la geometría eran dos ramas con “destinos distintos”, teniendo en cuenta que Newton estudió el método científico Cartesiano y en segundo lugar porque Newton realizaría una “conexión interna” entre un problema matemático y un evento físico. Newton concluye que “*El análisis de curvas es el análisis de puntos en movimiento, y a su vez, el análisis del movimiento es una reconsideración*”

*geométrica del mismo*²⁰. Para complementar lo anteriormente dicho se citará el siguiente ejemplo (figura 3).

Supóngase que una persona ubicada en el punto A arroja un objeto desde el reposo, la cual se desplaza X distancia hasta el punto B donde se recibe el objeto, describiendo una trayectoria en línea curva. Cabe resaltar que el movimiento de un cuerpo que describiese una trayectoria parabólica en la época de Aristóteles era algo no relevante para explicar, hasta que surgió la idea del *ímpetu* o fuerza motriz en el siglo xiv propuesta por Jean Buridan y su discípulo Nicolás de Oresmes.

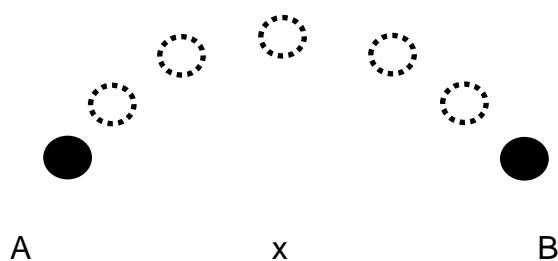


Figura 3

Primeramente, si se asume este movimiento como el movimiento de un punto de manera curva, y si a su vez se le asume un carácter matemático a esta curva, se obtendrá una ecuación de segundo orden e hiperbólica; ahora bien, como Newton logra establecer una relación entre las matemáticas y la geometría, se reconsidera este problema desde otra perspectiva, de tal manera que ahora se hace notar que es una semicircunferencia a la cual se asumiría la siguiente expresión matemática con respecto a su área (ec.1):

$$A = (\pi r^2)/2 \quad \text{(ec.1)}$$

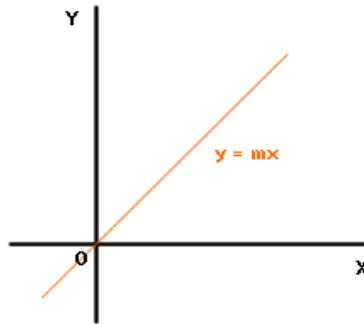
En síntesis, las perspectivas propuestas acerca del anterior problema, corroboran la relación que Newton establece entre analizar un evento físico con respecto al movimiento de manera matemática y de manera geométrica; con estas propuestas

²⁰ Argumento tomado de: "principia". Introducción, traducción, y notas de Eloy Rada Garcia.pagina 18 párrafo 2.

van incluidas las magnitudes espaciales y las proposiciones matemáticas inherentes a las curvas descritas por dichos movimientos; en otras palabras: “*el movimiento de un punto aparece casi vinculado a unos parámetros de naturaleza geométrica y en definitiva matemática, que permiten establecer ecuaciones con incógnitas a despejar*”²¹. Para explicar mejor la anterior afirmación se citaran los siguientes ejemplos.

Teniendo la gráfica de la ecuación general de la recta:

$$f \ x = mx \pm b \text{ Con } b = 0$$



²² Imagen número tres

Para hallar la magnitud de la recta, se acude al teorema de Pitágoras en relación con el punto inicial de la recta (x_0, y_0) y el punto final de esta misma (x_f, y_f) ; lo que arroja la siguiente expresión matemática (ec.2):

$$D = \sqrt{x_f - y_f^2 - x_0, y_0^2} \quad \text{(ec.2)}$$

Esta ecuación matemática parte de una representación geométrica de la gráfica (nótese la utilidad del plano cartesiano), es decir, si se construye un triángulo

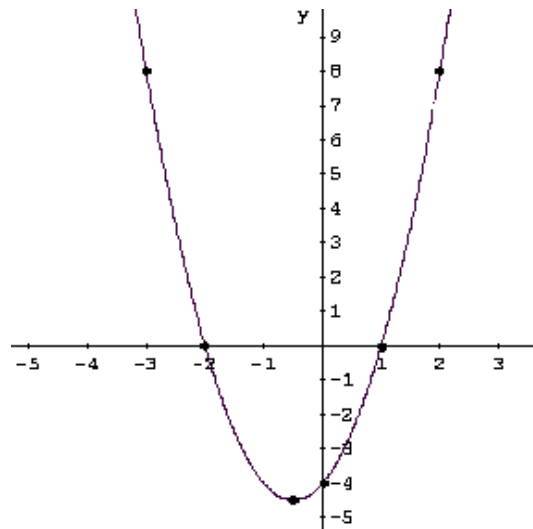
²¹” principia”. Introducción, traducción, y notas de Eloy Rada Garcia.pagina 18 párrafo 2.

²² Imagen tomada de

http://www.google.com.co/imgres?imgrefurl=http%3A%2F%2Fweb.educastur.princast.es%2Fies%2Festabarla%2Fpaginas%2Ffunciones%2F4_func_lin.htm&tbid=F34ZX4rmZG3hqM:&docid=_PrdPwxvmwy3pM&h=238&w=238

rectángulo con la recta analizada y los ejes en los cuales está ubicado esta misma.

En el siguiente ejemplo se propone la siguiente gráfica:



²³Imagen número 4

Para analizar esta gráfica se acude a la ecuación cuadrática (ec.3) teniendo en cuenta que:

$$f(x) = ax^2 + bx + c = 0 \quad (\text{ec.3})$$

Entonces la solución de esta ecuación está dada por la expresión dada en la ecuación número 4:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (\text{ec.4})$$

²³ Imagen tomada de http://www.google.com.co/imgres?imgrefurl=http%3A%2F%2Fweb.educastur.princast.es%2Fies%2Fstabarla%2Fpaginas%2Ffunciones%2F4_func_lin.htm&tbid=F34ZX4rmZG3hqM:&docid=_PrdPwxvmwy3pM&h=238&w=238

Como se puede evidenciar, dependiendo de la trayectoria del movimiento de un punto, hay diferentes ecuaciones, lo que corrobora lo dicho anteriormente. Uno de esos análisis lo llevó a descubrir, para los movimientos circulares el inverso al cuadrado del radio, que está presente en la ecuación de gravitación universal, que años más adelante propondría. Este hallazgo parte de la ecuación número cinco que es la ecuación de aceleración centrípeta.

$$A_c = \frac{v^2}{r} \quad (ec. 5)$$

Siendo v la rapidez del movimiento y r el radio de la trayectoria circular descrita por el movimiento. Ahora, si se tiene en cuenta que la rapidez de este movimiento está dada por la ecuación número seis:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (ec. 6)$$

Luego haciendo el reemplazo de la ecuación número cinco en la ecuación número seis, se obtiene la siguiente expresión matemática, la ecuación número siete:

$$A_c = \frac{\frac{2\pi r}{T}^2}{r} \quad (ec. 7)$$

Al realizar las correspondientes operaciones y simplificaciones algebraicas, la ecuación número siete queda reducida a:

$$A_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad (ec. 8)$$

Teniendo la anterior expresión, al remitirnos a la historia acerca del estudio del movimiento de los cuerpos celestes, como se mencionó en el apartado 4.13 del presente documento, antes de las brillantes deducciones matemáticas hecha por Kepler, habían unas inconsistencias en los datos documentados por los astrónomos de la época, de allí el uso de los epiciclos como una herramienta para que los datos fueran coherentes con la experiencia, en este punto fue cuando

Kepler propuso cambiar la trayectoria de los planetas de circular a elíptica lo cual fue satisfactorio en términos de concordancia en términos de los periodos y las distancias en esos intervalos de tiempo; por ello se procede a multiplicar la ecuación 4 por la tercera ley de Kepler, lo cual arroja la ecuación número nueve que se plantea de la siguiente manera:

$$A_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2} * \frac{T^2}{r^3} \quad (\text{ec. 9})$$

Realizando las simplificaciones algebraicas correspondientes se obtiene la siguiente expresión (ec.10):

$$A_c = \frac{4\pi^2}{r^2} \quad (\text{ec. 10})$$

Haciendo uso de la segunda ley del movimiento propuesta por Newton y teniendo en cuenta que esta misma plantea que la fuerza es directamente proporcional a la aceleración (ec.11), es decir:

$$F \propto a \quad (\text{ec. 11})$$

Se llega a la conclusión que la fuerza es inversamente proporcional al cuadrado del radio (ec.12), lo que para el estudio del movimiento es trascendental: al mirar esta expresión matemática, Newton expreso con gran alegría: “*lo he calculado*”.

$$F \propto 1/r^2 \quad (\text{ec. 12})$$

La relación geometría-matemáticas establecida por Newton y que más adelante sería uno de los pioneros del cálculo Fluxional (cálculo de curvas) sería de gran importancia en sus futuros estudios, teniendo en cuenta que no solo Newton visionaba la gran importancia de sus hallazgos sino sus contemporáneos y sus predecesores.

QUINTA PARTE

ASPECTOS METODOLÓGICOS

La metodología utilizada para el desarrollo y la búsqueda de los objetivos gira en torno a la actividad de recontextualización, en la cual se estableció un diálogo constructivo referido a los aspectos histórico-epistemológico sobre el movimiento desde la perspectiva Newtoniana (Ayala 2006). En el trabajo de aula se procuró relacionar las actividades realizadas por los participantes con respecto a su forma de relacionarse con su entorno. Esto a su vez se estableció a partir de la indagación histórica que se ha descrito en el apartado 4. En este sentido el estudiante juega un papel fundamental en la construcción de conocimiento, lo cual hace que el estudiante sea participe activo de la enseñanza de la física y no solo se vea al mismo como un “espectador neutral de un discurso”.

En la investigación se realiza una distinción de los elementos teóricos que subyacen en la perspectiva newtoniana mediante la revisión bibliográfica y el estudio histórico-crítico de los trabajos originales del autor acerca del movimiento. Las situaciones se llevaron al aula a partir de la construcción de una unidad didáctica, que se implementó con estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional del semestre 2015-2. En el proceso de la experiencia en el aula se llevó conjuntamente la sistematización de la vivencia, mostrando el proceso, actividades, testimonios y los análisis correspondientes. Las sesiones de trabajo se realizaron el 8 de Octubre del año 2015 y el 16 de Marzo de 2016, con una duración de una hora y media por cada actividad.

La dinámica del trabajo se encuentra representada en el Diagrama 1, que constituye un bucle retroactivo de la vivencia en cada momento del desarrollo de la investigación, enriquecido por la intervención en el aula.

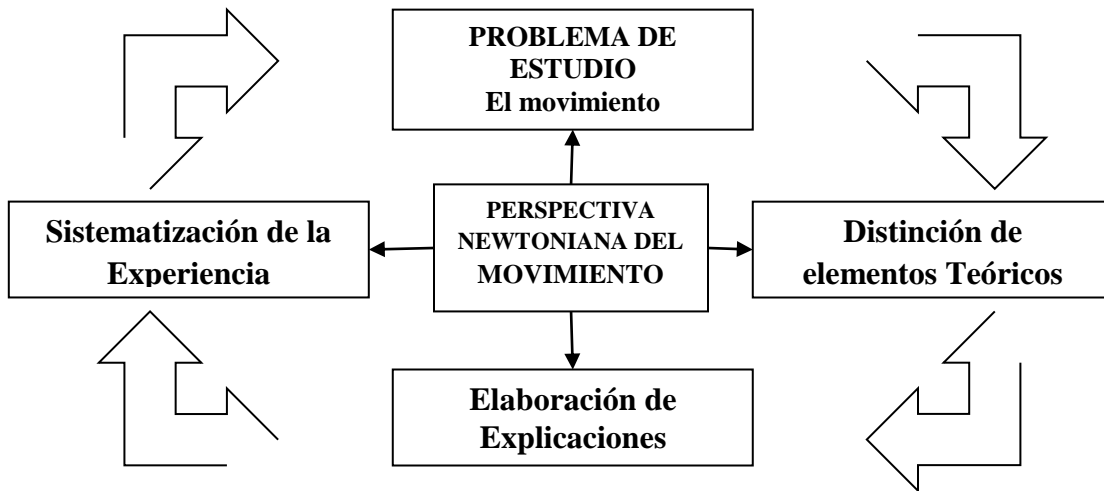


Diagrama 1. Dinámica de Trabajo

- **Población Objeto de estudio:** la población a la cual se dirigieron las propuestas de aula es a estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional los cuales asisten al curso de taller de mecánica. Se trabajó con 29 estudiantes de edades entre los 17 y los 23 años; la mayoría de ellos egresados de colegios del Distrito Capital, Algunos de estos estudiantes al preguntarse del porqué habían escogido estudiar Licenciatura en Física afirmaron que decidieron estudiar esta carrera para prepararse para una ingeniería o para estudiar física pura.
- **Técnicas y herramientas para recoger la información:**

las herramientas usadas para implementar el presente trabajo de grado son dos propuestas de aula las cuales están diseñadas de tal manera que estas mismas aporten en la formación tanto disciplinar como pedagógica de los estudiantes a los cuales va dirigidos estas herramientas (VER ANEXOS). La primera propuesta dio cuentas de la importancia de los contextos sociales y familiares de la vida y obra de Newton con respecto a la construcción matemática y epistemológica del movimiento de los cuerpos y la segunda propuesta de aula dio cuentas sobre la importancia de los procesos de formalización en física teniendo como ejemplo la proporción entre la fuerza y la distancia al cuadrado entre los cuerpos que están

interactuando. Los registros fueron tomados por medio de líneas de tiempo y respuestas documentadas por ellos partiendo de las propuestas de aula documentadas en los anexos 1 y 2. Adicionalmente se compararon las respuestas dadas por los estudiantes con respecto a su experiencia académica. Para esto se realizaron algunos cuadros comparativos los cuales permiten ilustrar mejor las convergencias y diferencias entre los grupos de trabajo que se conformaron en las dos sesiones de trabajo.

SEXTA PARTE

DESCRIPCIÓN SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE AULA

PROPUESTAS DE AULA NÚMERO 1

TITULO: ISAAC NEWTON: EL GENIO DE WOOLSTHORPE

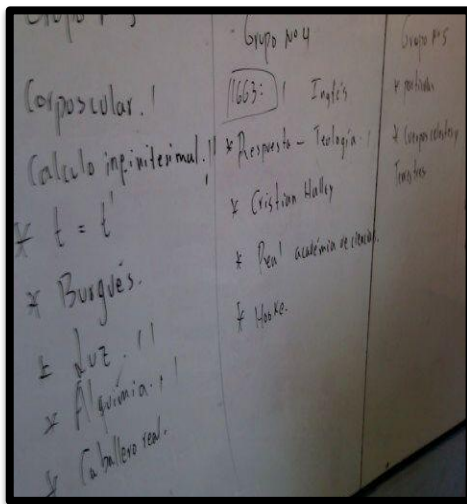
La primera propuesta de aula se constituye a partir de un ejercicio de recontextualización de los aspectos histórico-sociales que rodearon la vida de Newton y de los acontecimientos más destacados en su vida.

OBJETIVOS:

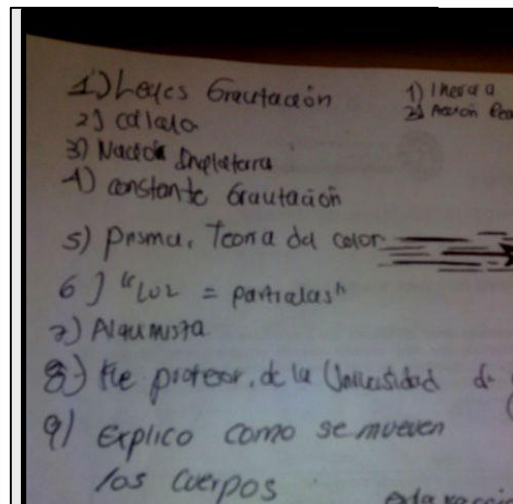
- Realizar una discusión con los estudiantes acerca de las implicaciones culturales y sociales de la vida y obra de Isaac Newton en la enseñanza de la física.
- Reflexionar junto con los estudiantes sobre el papel del docente en la enseñanza de los fundamentos de la perspectiva Newtoniana acerca del movimiento en el aula de clase.

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Al iniciar la experiencia de aula junto con los estudiantes, se les pidió organizarse en grupos de cuatro personas con el objetivo de generar un espacio de discusión entre los grupos conformados. Seguido a esto, cada grupo escribió en una hoja blanca características que pudieran asociar con Isaac Newton y su papel en el desarrollo de la física teniendo en cuenta lo que ellos habían visto en el bachillerato; al observar lo que escribió cada grupo, llamó la atención que las características eran más que todo cronológicas. En las siguientes imágenes se puede apreciar algunos de las ideas documentadas por los grupos de trabajo.



(a)



(b)

Opiniones de algunos grupos de trabajo

En el cuadro número 1 se transcriben las ideas que los diferentes grupos asociaron con Newton durante el momento de socialización de esta actividad para que las similitudes y diferencias sean más notorias.

grupo número 1	grupo número 2	grupo número 3	grupo número 4	grupo número 5
Siglo XV	Física	corpuscular	1663: físico inglés	partículas
Ingenioso	Astrónomo	calculo infinitesimal	Teología	calculo diferencial
Cambridge	3 leyes del movimiento	$t=t'$	Cristian Halley	cuerpos celestes
Caída, movimiento	gravitación universal	Burgués	real academia de ciencias	cuerpos terrestres
Luz	Luz		Hooke	
corpuscular	Alquimia			

Cuadro número 1

En este orden de ideas, las respuestas más sobresalientes de cada grupo, tenía que ver con las leyes de Newton y la ley de gravitación universal, teniéndolas en cuenta no por su contenido histórico y epistemológico, sino por su forma, es decir, tenían en cuenta las letras que componían a las ecuaciones y que estas estuviesen en un orden tal que arrojaran un resultado numérico que estuviera acorde a un resultado de un texto académico.

Ya teniendo estas ideas propuestas por los estudiantes, se procedió a proporcionarles la propuesta de aula en la que se documentó aspectos fundamentales de la vida y obra de Newton desde un contexto histórico-epistemológico y adicionalmente se recogió una serie de preguntas en torno al movimiento de los cuerpos y la enseñanza de la física las cuales se discutirían al finalizar la sesión de trabajo. Cuando los grupos de trabajo terminaron de leer la propuesta de aula procedieron a realizar una línea de tiempo teniendo en cuenta la información suministrada.

Luego de que cada grupo terminó de realizar su línea de tiempo, dos representantes de cada grupo pasaron a exponerlas ante los otros grupos. Lo que se pudo observar en cada línea de tiempo es que cada una de ellas tenía algo que la diferenciaba de las otras en contenido y en forma en términos de su contenido los grupos dos y tres sobresalieron ya que colocaron en sus líneas de tiempo los aspectos más relevantes en cuanto a la vida y obra de Newton y a su vez expusieron con buena oratoria enfatizando su línea del tiempo desde el momento

en el que Newton empieza a hacer sus primeras conjeturas acerca del movimiento de los cuerpos celestes y terrestres hasta que se publican los Principia . Todos los grupos tuvieron en común en sus líneas del tiempo el ingreso de Newton a Cambridge y las discusiones sostenidas entre él y Robert Hooke. Cuando cada grupo terminó de exponer sus líneas de tiempo, se abrió el espacio para discutir las siguientes preguntas con sus respectivos desarrollos las cuales se presentaran a continuación:

- 1. ¿Qué es el movimiento y que implicaciones hay para que este se efectúe?**
- 2. ¿Será que el moverse solo implica desplazarse desde un punto de referencia a otro?**
- 3. ¿Cómo crees que este conocimiento nos ayudaría a trabajar con los chicos de la escuela el tema del movimiento de manera más significativa?**

DESARROLLO DE LAS PREGUNTAS

- 1. ¿Qué es el movimiento y que implicaciones hay para que este se efectúe?**

Algunos estudiantes de licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional propusieron respuestas de manera inmediata; una de estas respuestas fue: *es el desplazamiento de un cuerpo a otro*, al preguntar el porqué de esta respuesta, algunos estudiantes argumentaron que la habían leído esta definición de algunos textos escolares y en la red. A continuación se presentaran algunas de las definiciones de estos términos escritas allí:

- *El movimiento de una partícula se conoce por completo si la posición de la partícula en el espacio se conoce en todo momento. La posición de una*

*partícula es la ubicación de la partícula respecto a un punto de referencia elegido que se considera el origen de un sistema coordinado*²⁴.

- *“Debemos tener presente que existe diferencia entre el significado de desplazamiento y el recorrido de una partícula, este último es la longitud del espacio recorrido”*²⁵

Otras de estas respuestas, fueron: *es cuando un objeto cambia de velocidad;* cuando se dio esta respuesta un estudiante de otro grupo le hizo la siguiente pregunta: *¿Qué pasa con un objeto que se mueve con una velocidad constante?*

Al realizarse esta pregunta, un integrante de otro grupo apoyó esta pregunta con el siguiente comentario: *“si porque la tierra se mueve con velocidad constante y tenemos la misma sensación que cuando estamos quietos”*. Luego de esta intervención, la persona que respondió a la cuestión en términos de la velocidad no tuvo una respuesta a estas cuestiones propuestas por los otros grupos. Lo que llama la atención de las respuestas es que algunas de estas mismas- dicho por ellos- fueron aprendidas literalmente de las definiciones dadas por sus docentes en el colegio y de universidad, siendo indiscutibles ya que concordaban con las definiciones dadas en los textos escolares.

2. ¿Será que el moverse solo implica desplazarse de un punto de referencia a otro?

Las respuestas a esta cuestión por parte de los estudiantes estuvieron más asociadas a las respuestas dadas a la pregunta anterior; entre las respuestas a esta pregunta llamó mucho la atención la de un integrante del grupo tres la cual fue: *“hay objetos que se mueven sin abandonar su punto de partida”*, lo cual fue aceptado por los otros estudiantes; al preguntarles acerca de que objetos se mueven sin cambiar su posición inicial, asociaron esto con el plano cartesiano

²⁴ Serway R, Jewett J. (2008). Física para ciencias e ingeniería. Vol. 1. . séptima edición. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V

²⁵ Definición tomada de: file:///D:/Users/SAMSUNG/Downloads/Fisica%20Basica.pdf

como punto de partida; lo que dio pie a otra cuestión: **¿hay alguna diferencia entre una línea recta y una línea curva en términos geométricos y de dirección?**; esta pregunta abrió el debate ya que algunos integrantes de los grupos propusieron sus respuestas teniendo en cuenta la forma de la línea y su dirección diciendo que dependiendo de la dirección de la línea y su forma se procede a realizar el análisis geométrico de las mismas. Ahora bien, al preguntar cómo se podría relacionar la forma de estas líneas con la geometría plana, relacionaron esto directamente con lo que han visto hasta el momento en su curso de cálculo diferencial y luego de esto se preguntó si la geometría se podría separar de las matemáticas en términos de explicar un fenómeno físico, a lo que los estudiantes manifestaron opiniones divididas.

3. ¿Cómo creen que este conocimiento nos ayudaría a trabajar con los chicos de la escuela el tema del movimiento de manera más significativa?

Algunos integrantes de los grupos opinaron que el conocimiento necesariamente involucraba una experiencia, siendo más relevante para la persona; teniendo en cuenta esta respuesta se plantea una pregunta con relación al anterior argumento: ¿Qué tiene que ver el conocer con la experiencia? A lo que un estudiante contestó: si se evidencia un experimento que corrobore la teoría sería válido para el estudiante y más aplicable a su vez; adicionalmente a esto varios grupos resaltaron la importancia de tener en cuenta la historia que puede haber detrás de un formalismo matemático relacionado con la naturaleza, teniendo como ejemplo lo discutido en la vida de Isaac Newton desde los contextos anteriormente mencionados. Luego de esta discusión un estudiante comentó sobre su experiencia en el colegio con base en los experimentos de física que se hacían allí; él mencionó que al realizar un experimento que consistió en construir un aparato que funcionara con fluidos; le quedó más claro que características tienen y su utilidad en la cotidianidad, ya que-dicho por el- solo viendo fórmulas en el tablero no sabía qué hacer con ellas y de donde salía cada una.

PROPUESTA DE AULA NÚMERO 2

Newton, al tener un buen dominio de las matemáticas, proponía relacionarlas con el mundo físico para así dar una explicación más concreta sobre su comportamiento. Lo que hizo especial a Newton fue su manera de formalizar los fenómenos mecánicos terrestres y celestes preguntándose si estos dos tipos de formalizaciones se podrían relacionar entre sí lo que permitió dar el importante paso de las conjeturas a la matematización de la naturaleza.

Título: UNA PROPORCIÓN QUE ORIGINA UNA LEY

OBJETIVOS:

- Discutir, a propósito del trabajo de Newton, el papel que las formalizaciones juegan en la construcción de explicaciones sobre los fenómenos del mundo físico.
- Destacar junto con los estudiantes la relación existente entre el factor $1/r^2$ propuesto por Newton y el contexto histórico-epistemológico que está inmerso en este formalismo matemático.

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

En el semestre 2015-2 se realizó la implementación de la propuesta de aula número uno, a su vez se quería realizar la implementación de la propuesta de aula número dos; pero debido a los inconvenientes de orden público presentados en ese semestre, el docente encargado del curso de mecánica 1 no había podido culminar las temáticas que tenía planeadas, por esta razón no fue posible que se cediera el espacio para esta implementación, por esto la implementación se realizó el 16 de Marzo de 2016; el espacio fue cedido amablemente por la profesora Nidia Tuay la cual tenía a cargo el curso de mecánica 2.

Ya en el desarrollo de la actividad planeada, se pidió a los estudiantes que conformaran grupos de cuatro personas haciendo la aclaración de que fueran grupos diferentes a los conformados anteriormente. Luego de esto se planteó la siguiente pregunta introductoria a los grupos: **¿Qué se entiende por los siguientes palabras? movimiento, historia, epistemología, conocimiento y conocer.** Cada grupo expuso sus respuestas ante sus compañeros, lo cual generó la primera discusión acerca del tema ya que algunos relacionaron las palabras con algunas experiencias vividas en los colegios donde estudiaban; un ejemplo de ello fue el grupo número uno, el cual definió la historia como *algunos sucesos cotidianos que el hombre contabilizaba y los guardaba en sus recuerdos*; al terminar la intervención el grupo número tres refutó lo anteriormente dicho con la siguiente pregunta: ¿Qué pasa en el caso que la historia que no hemos vivido sino que se nos ha contado?, a lo que otra persona aclaró que así no la hallamos vivido, si hay rastros de que aconteció, es historia y esta misma nos da una serie de indicios los cuales nos permite reconstruirla y detallarla. Ahora, después de esta definición dada por los estudiantes se pasó a preguntar acerca de la palabra conocimiento; la cual algunos grupos la definieron como la información obtenida desde un objeto exterior y procesada en el interior para ser dicha por nuestras propias palabras. Otra definición dada a esta palabra fue que el conocimiento es el conjunto de ideas que se juntan para dar explicación a algo, lo cual generó la primera “contra pregunta” por algunos integrantes de otros grupos; estos preguntaban ¿El conocimiento es lo mismo que las ideas?; a lo cual respondieron: el conocimiento no son lo mismo, son ideas más elaboradas. Cuando se dio paso a definir la palabra conocer, algunos grupos la vieron como un verbo, es decir una acción relevante para que se pudiera construir conocimiento, lo cual dio pie para relacionar esta palabra con epistemología, la cual definieron como el estudio del conocimiento y de cómo se adquiere el mismo, lo cual generó la pregunta: ¿El conocimiento se adquiere o se construye?, lo cual generó una división de opiniones que dio pie a definir el movimiento de los cuerpos; si el conocimiento se adquiere, ¿ será que también el movimiento? O el movimiento es construido, lo cual dio pie para hablar de la palabra contexto la cual – dicho por ellos- la han oído

mencionar mucho en la carrera; de acuerdo con esto, se destacó que al mencionar esta palabra mencionaron algunos contextos relacionados con la sesión anterior (contexto histórico, filosófico, social, entre otros).

Luego de plasmar los distintos puntos de vista de los grupos, se plantearon las siguientes preguntas:

1. ¿De qué manera se podrían relacionar los anteriores términos?

Cuando se realizó la anterior discusión, algunos grupos opinaron que la manera más adecuada de relacionar los anteriores términos es por medio de la experiencia sensible del ser humano, ya que el conocer es una interacción- decían ellos- entre el exterior y el interior y así poder sacar conclusiones de un tema. Otros grupos afirmaron que el conocimiento de la naturaleza depende de la persona y de las reflexiones que esta misma realice, lo que dejó en claro dos puntos de vista relacionados entre sí; para dar solución a este interrogante todos los grupos propusieron relacionar los términos vistos por medio de un evento de la vida cotidiana siendo-dicho por ellos- observable y evidente para todos, lo que dio pie a la segunda pregunta:

2. ¿Qué ejemplos de la vida cotidiana podrían evidenciar las relaciones anteriormente mencionadas?

Ante este interrogante, los grupos plantearon los siguientes ejemplos; cabe mencionar que a continuación se escribe textualmente lo documentado por ellos:

Grupo número uno:” un ejemplo sería el hablar, ya que en el aparato fonológico se encuentran las cuerdas vocales y estas mismas vibran para que se produzca la voz”.

Grupo número dos: “caminar, porque alguien noto su existencia en movimiento, porque me trasladé de un lugar para otro; en epistemología mi origen fue mi hogar, me tropecé y aprendí que debo tener más cuidado la próxima vez.

Grupo número tres:” lanzamiento de una pelota (jugar ponchados)”.

Grupo número cuatro: el movimiento de la tierra alrededor del sol.

Grupo número cinco: transportarse; se conoce donde tomar el transporte (historia); cambio de posición (movimiento); tomar el bus por primera vez (epistemología); conocer la ruta y el tiempo que tarde el bus en llegar al destino (conocimiento).

Grupo número seis: jugar futbol.

Luego de que cada grupo planteó su ejemplo cotidiano el cual establecía una relación entre las palabras, se procedió a realizar la siguiente pregunta:

3. ¿Cómo se podría formalizar estos ejemplos? (tenga en cuenta las variables involucradas para escoger los ejemplos).

al realizar esta pregunta, algunos integrantes de cada grupo se preguntaron acerca de lo que es formalizar en ciencias, a lo cual los integrantes del grupo número tres afirmaron que formalizar es dar un carácter matemático a un fenómeno física, para que fuera más entendible, al hacer esta afirmación procedieron a formalizar sus ejemplos, cabe aclarar que para que se formalizaran los mismos cada grupo debió definir primeramente que variables estaban presentes en dicho fenómeno, cuando ellos definieron las variables y plantearon una ecuación, se logró evidenciar que las ecuaciones que estaban presentes eran las ecuaciones de movimiento planteadas por galileo y Newton. Al preguntarles del porqué estas ecuaciones daban cuenta de los ejemplos que plantearon, ellos respondieron que como se hablaba de movimiento se debería tener en cuenta la velocidad, el tiempo, y la distancia recorrida, siendo estas mismas las más pertinentes y entendibles.

Ahora bien, cuando en la sesión anterior se habló de la importancia de los contextos involucrados en la vida de Newton para la elaboración y desarrollo de los *principia* y de cómo estos mismos son fundamentales para la enseñanza de la física, se les pregunto a los estudiantes de cada grupo lo siguiente acerca de la

proporción entre la fuerza gravitacional y la distancia que separa los objetos en interacción al cuadrado:

4. ¿Qué factores fueron importantes para que Newton llegara a esa conclusión?

Los integrantes del grupo número dos respondieron que los factores más importantes en el planteamiento de esta proporción fueron los aspectos sociales y científicos de la época ya que esta proporción fue la conclusión – dicen ellos- de una búsqueda de respuestas en cuanto al estudio del comportamiento de los cuerpos celestes y esto fue un gran avance para la ciencia de la época, a lo que los otros grupos respondieron: pero si el problema acabo allí ¿Qué problema hay que solucionar si ya está solucionado todo? Luego de esta pregunta el grupo número dos no replicó ninguna respuesta.

5. ¿Esta proporción dio una Solución definitiva a las problemáticas en cuanto a la mecánica celeste?

Cuando se planteó esta pregunta, a pesar de la cuestión planteada al final de la discusión anterior, la mayoría de grupos concluyeron que si daba solución a esta problemática con respecto a mecánica celeste ya que antes de Newton se pensaba que los cuerpos eran sostenidos en el espacio sideral teniendo en cuenta su masa y su peso y su movimiento, pero con este avance- planteaban ellos- se podría explicar de una manera más entendible la interacción entre los planetas, siendo una manera más concreta para presentar en la comunidad científica; esta respuesta fue bien recibida por los otros grupos de trabajo.

Teniendo en cuenta las anteriores respuestas dadas por los grupos de trabajo, se realizó la siguiente pregunta para concluir la sesión de trabajo:

6. ¿Cómo se podría relacionar los procesos de construcción matemática de un fenómeno físico con la enseñanza de las ciencias en el aula de clase?

Al mencionarse en la sesión que la pregunta iba dirigida a docentes en formación Los grupos de trabajo respondieron con respecto a los cursos que han tomado hasta el momento en la universidad, que las ecuaciones de la mecánica clásica no se generaron espontáneamente, sino que fueron el resultado de un sin número de experimentos y de aproximaciones, lo cual les hacía entender mejor las temáticas que han visto hasta el momento. En cuestión de la enseñanza como futuros docentes ellos afirmaban que enseñar la física teniendo en cuenta los procesos de formalización que se han construido a lo largo de la historia es fundamental para que un estudiante entienda los fenómenos físicos que suceden a su alrededor. Adicionalmente a esto afirmaban que para que estos procesos de formalización en la física se deben tener en cuenta los distintos contextos que están involucrados en estos mismos, por ultimo le dieron gran relevancia a establecer una relación entre la historia del como surgen las ecuaciones y la historia de los pensadores que las plantearon.

REFLEXIONES FINALES

Durante el desarrollo del documento hubo discusiones interesantes junto con el asesor del mismo en cuanto a las temáticas contenidas, es decir, al decantar la información obtenida como soporte disciplinar y pedagógico, se priorizaron algunas temáticas y algunos autores que fueron de gran ayuda no solo para lograr culminar el documento final, sino para construir un discurso pedagógico que logre impactar a las presentes y futuras generaciones en cuanto a la enseñanza de la física Newtoniana se refiere. Al presentar las dos propuestas de aula estas temáticas con los estudiantes se generaron espacios de discusión los cuales

fueron significativos durante el desarrollo de la misma, a su vez, teniendo en cuenta que estas sesiones de trabajo se realizó con los estudiantes de primer semestre de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, del periodo 2015-2 se pudo sacar las siguientes conclusiones luego del intercambio de opiniones y de las intervenciones colectivas de los estudiantes, en cuanto a las siguientes temáticas tratadas en estas implementaciones y como estas mismas se relacionan con las temáticas tratadas en el marco teórico del documento y con los objetivos planteados en este mismo:

a) La importancia de la recontextualización de saberes en la enseñanza de la física:

Cuando en clase de física se tratan temas que han tenido una trascendencia considerable en la ciencia y en el cambio que ha tenido esta misma a través de la historia, el estudiante generalmente tiene una perspectiva global y muy general de estas temáticas; en el caso del movimiento de los cuerpos desde la perspectiva Newtoniana, el estudiante los relaciona-casi que inmediatamente- con los eventos que lo rodean y realizan conjeturas para dar explicaciones que satisfagan un problema propuesto por el docente encargado. Al implementar estas dos propuestas de aula y formular las preguntas introductorias inscritas allí, se logró evidenciar en un comienzo las ideas iniciales que se conocían de la vida y obra de Newton de manera generalizada y eran relacionada inmediatamente con algún formalismo matemático propuesto por el. Al mirar esta historia desde sus distintos contextos involucrados y relacionados entre sí, los estudiantes realizaron el ejercicio de describir la historia de Newton visto desde un contexto histórico, entendido como una narración (de principio a fin) de los hechos involucrados en su vida y obra, histórico crítico, entendido como esta misma narración de hechos, pero con la diferencia de que durante su desarrollo intervienen críticas constructivas y posturas personales del lector y de cómo el ejercicio de recontextualizar los saberes construidos ayudó a los estudiantes a tener un bagaje mayor de lo estipulado anteriormente. Al

recontextualizar en clase de física la vida y los aportes hechos por Newton a la ciencia de ese entonces, se evidenció una mayor comprensión de los formalismos matemáticos propuestos por el mismo (en especial de la proporción expuesta en la ecuación 12 del apartado 4.22 del documento). Se discutió acerca del impacto que tuvieron los formalismos matemáticos propuestos por Newton con relación a sus predecesores y de cómo el estudio de estos mismos logran dar una mayor idea de lo que se logró con las investigaciones documentadas por Newton en sus principios.

b) La relación entre la historia y la epistemología como estrategia de enseñanza en clase de física: Al implementar las dos propuestas de aula con los estudiantes, se evidenció como en un principio era confundida la epistemología con la historia, tomados como “ sinónimos” ya que estos dos términos -dicho por ellos- dan cuenta de un evento y de su importancia para las ciencias; al analizar estos dos términos a la luz de los aportes hechos por Newton, los estudiantes fueron evidenciando mediante la solución de las preguntas planteadas en la propuesta de aula número 2 (ver anexo 2), que al hablar de epistemología como el estudio del conocimiento científico y de los criterios que se debe tener en cuenta para que este mismo sea catalogado como tal, puede ser usada como un contexto definido de un hecho histórico a analizar; en el caso del estudio del movimiento de los cuerpos desde la perspectiva Newtoniana, se logró establecer la diferencia entre los procesos de formalización de un evento mecánico y de sus resultados, ya sean ecuaciones, teoremas, axiomas, entre otros. Cuando se discutió en específico acerca de la relación entre la interacción entre dos cuerpos y la distancia que los separa, luego de tener una mirada global de los distintos contextos que intervinieron en el planteamiento de la ecuación de gravitación universal, se logró concluir junto con los estudiantes que para dar cuentas de este formalismo matemático, habría que establecer una relación estrecha entre la epistemología y la historia, lo cual permitió

generar sentido entre los mismos y cuestionar la manera en la cual se plasma en los textos escolares, los cuales- dicho por ellos- simplemente tenían la ecuación planteada acompañada por una definición que al parecer tiene que ser aprendida de manera literal y usada como una herramienta matemática y argumentativa para obtener un resultado numérico que concordara con las respuestas dadas por el texto escolar, teniendo en cuenta que las ecuaciones planteadas por Newton van más allá de este fin, sino que cada planteamiento matemático que describe el movimiento de los cuerpos tiene un trasfondo que no puede ser reducido a un valor numérico, a un vector de posición o a una definición sin tener en cuenta sus distintos contextos involucrados. En síntesis durante el desarrollo de este documento se dio importancia a las distintas reflexiones construidas colectivamente entre los estudiantes y el docente encargado partiendo de unas bases ya que el enseñar física de una manera distinta y no acomodada al pie de la letra a lo que ya está estipulado en los libros escolares y universitarios, le da a entender al estudiante que es un agente activo en la construcción de conocimiento científico, que para ser importantes en el aula de clase no basta con recitar una definición o memorizar unas ecuaciones, sino que por medio de una mirada desde la recontextualización de los saberes científicos se puede realizar un curso de mecánica más ameno y agradable mediante el cual se puedan construir un discurso propio y no repetir uno dicho, este es el verdadero fin –dicho por ellos- de la enseñanza de la física.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

Ayala M. M. (2006). “*Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un espacio de posibilidades*”.

Bachelard. G. (1971). “*Epistemología*”. Editorial Anagrama .Barcelona.

Crhistianson G. Newton (1987).tomo 1.Salvat editores. Barcelona.

Documento Programa de Licenciatura en Física, Lineamientos. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional, 2012.

Documento Actividad Investigativa. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional, 2011.

Granes J, Caicedo L. “*del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica*. Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia.

Guicciardini N. la época del punto: el legado matemático de Newton en el siglo XVIII. Universidad de Siena.

Katz. M. (2011). “*Epistemología e historia de la química*”.

Kuhn. T. (1970). “*La estructura de las revoluciones científicas*”. Fondo de la cultura Económica.

Kuhn. T. (1987). “*La Revolución Copernicana*”. Editorial Methodos.

Newton I. (1982). *“Principios matemáticos de la filosofía natural”*. Ed. Nacional Madrid (Original 1684).

Nieto M. (2009). “la historia de las ciencias”. <http://historiadela-ciencia-mnieto.uniandes.edu.co/>

Ochoa D. (2004). *“El péndulo en Newton, Hamilton y los sistemas caóticos”*. Línea de investigación: enseñanza de las ciencias desde la perspectiva cultural. Universidad. Pedagógica Nacional. Facultad de ciencia y tecnología. Departamento de física. Bogotá

Oteriza T (2014). *“Intertextualidad en la recontextualización pedagógica del pasado reciente chileno”* Discurso & Sociedad, Vol. 8(1), 109-136.

Pedreros, R., Méndez, N., Sastoque, H. & Galindo S. (2006). *“Modelación de Fenómenos Físicos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos”*. Proyecto CIUP DFI 011-06.

Segura, D; (2002). *“Información y conocimiento una diferencia enriquecedora.”*. Revista Museológica. No. 9 Vol. 5. Universidad Nacional. Bogotá.

ANEXOS

LINEA DE PROFUNDIZACION: ENSEÑANZA DE LA FISICA DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

PROPUESTA DE AULA NÚMERO UNO

NOMBRE: Ferney León Borda

Código: 2009246027

ISAAC NEWTON: EL GENIO DE WOOLSTHORPE

INTRODUCCIÓN

Algunas veces la mayoría de las personas se han preguntado ¿Qué es el movimiento y que implicaciones hay para que este se efectúe?, ¿será que el moverse solo implica desplazarse desde un punto de referencia a otro?. Estas inquietudes fueron una base primordial para el desarrollo de la mecánica clásica. Teniendo en cuenta las anteriores preguntas surgen otras inquietudes que complementan y hacen el trabajo más detallado. Ahora bien teniendo en cuenta lo anteriormente dicho ¿Cómo podríamos estudiar el movimiento de los cuerpos? ¿Qué diferencia el movimiento en línea recta del movimiento en círculos? ¿Qué argumentos serán necesarios para dar respuestas a las anteriores preguntas si el objeto a analizar no se puede ver a simple vista?

Todas estas preguntas fueron de suma importancia para para los filósofos naturales desde la remota Edad Media. En particular preocuparon a Galileo en el

siglo XVI y a Newton en el siglo XVII el cual fue destacado por las respuestas que dio a ciertas inquietudes acerca del cómo se mueven los cuerpos terrestres y celestes. Ahora bien, ¿Qué hace tan especial a Newton?, ¿Por qué en las aulas de clase cuando se habla de mecánica clásica se hace referencia exclusivamente a él, e incluso, en los planes de estudio de los colegios la fundamentación para los estudiantes de física que están tomando la cátedra de dinámica son las leyes del movimiento propuestas por Newton.

En esta sesión de trabajo se pondrán en discusión estas cuestiones teniendo en cuenta los diferentes contextos en los cuales vivió este personaje y como se toma a este mismo en la escuela actual. Teniendo en cuenta que la enseñanza de la física está ligada estrechamente a los diversos contextos culturales ¿Cómo futuros maestros y maestras de física qué piensan de la forma en que se trabaja el movimiento en los textos de estudio? ¿Qué importancia puede tener para el estudio del movimiento conocer algunos aspectos sobre la vida y obra de Newton? Estas y otras cuestiones estarán puestas en la mesa para ser discutidas y pensadas desde la diversidad de contextos que hay en el conocimiento acerca de las ciencias.

OBJETIVO

- ***Realizar una discusión con los estudiantes acerca de las implicaciones culturales y sociales de la vida y obra de Isaac Newton en la enseñanza de la física.***
- ***Reflexionar junto con los estudiantes sobre el papel del docente en la enseñanza de los fundamentos de la perspectiva newtoniana acerca del movimiento en el aula de clase.***

NOTAS BIOGRAFICAS ACERCA DE UN GENIO

Isaac Newton nació en las primeras horas de navidad en el año de 1642 en una casa llamada Woolsthorpe (Inglaterra) en el seno de una familia de clase media; tres meses antes de que naciera Newton, muere su padre, también llamado Isaac, dejando a su madre Hanna viuda antes de concebir a Newton, luego del nacimiento de este mismo, su madre Hanna, contrae matrimonio con un clérigo de la época llamado Barmanas Smith, de gran prestigio social y económico. Desde muy pequeño Newton demostró su interés por la ciencia, pero en la ²⁶Grammar school no obtenía los resultados esperados, ya que en las clases no era el mejor en prestar atención a las actividades realizadas allí o responder a las preguntas que se le hacían. Por esta razón a Newton se le saco de estudiar a la edad de cinco años por sugerencia de su mama.

Uno de sus tíos le sugirió a la mama de Newton que lo mejor era que el joven fuese reintegrado a sus labores académicas, ya que el joven a pesar de sus malas calificaciones en el colegio, demostrada una gran habilidad en el análisis de algunos fenómenos naturales. Luego de varias discusiones, Hanna accedió. A la edad de 17 años, Newton regresa a su casa para ejercer el cargo de director y administrador de las actividades agrícolas que se desarrollaban allí, en lo cual no se desempeñaban con propiedad, más bien, Newton pasaba horas enteras leyendo libros y apartados que tuviesen que ver con filosofía y astronomía. Una vez más, el mismo tío que le sugirió a Hanna que Newton debía continuar con sus estudios a pesar de sus bajas calificaciones, le sugirió a la misma que Newton debería tener una formación universitaria, para ese entonces Newton tenía 19 años. Al pasar de los meses, Newton ingresa al ²⁷Trinity college en 1661; pero Newton no ingresa con los privilegios que la fortuna dejada por Barbanas Smith le daría, al contrario, ²⁸teniendo en cuenta que en el Trinity School se manejaban ciertos “rangos” socio-económicos y teniendo en cuenta las condiciones económicas de Newton, este ingresa en el rango de *sizar* (*servidores de los*

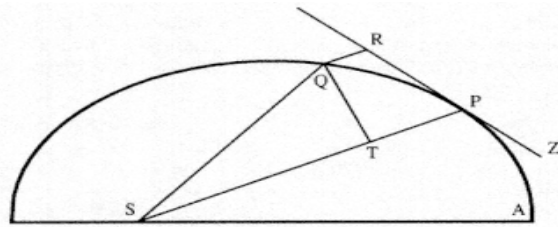
²⁶ Grammar school: establecimiento de secundaria establecidos en el reino unido en el cual se enseñaba lenguaje (latín), historia y matemáticas.

²⁷ Trinity college: colegio establecido por la universidad de Cambridge para la formación de estudiantes con un enfoque investigativo.

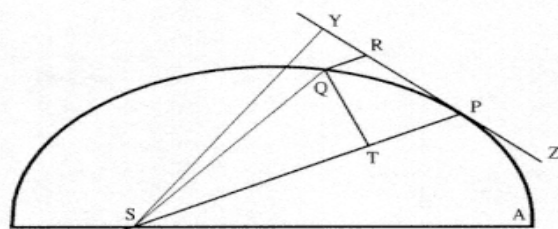
²⁸ Idea tomada de: Newton (tomo 1).Gale E. Crhistianson. Pag.59, párrafo 2.

rangos más influyentes) para poder pagar sus estudios en el Trinity school, realizando actividades domésticas que incluía servir las mesas y realizar diligencias para los catedráticos y los profesores oficiales de la universidad. Los sizar también servían al otro “rango” socio-económico llamados *los fellow-commoners*, que eran los integrantes más influyentes de la universidad de Cambridge; dentro de estos quehaceres estaba asear sus cuartos, conseguir el

alimento que más les gustara y en algunos casos, peinarlos.



The 1687 edition



The revised editions

Hay que tener en cuenta que en la misma época en la cual estaba situado Newton, Inglaterra estaba institucionalizando la ciencia con aportes económicos, para recibir retribuciones con fines políticos, adicionalmente, en la época en el que nació Newton Descartes estaba

elaborando sus principios de la filosofía y el *método* de entender estos mismos. Descartes estaba en la Europa Continental y era reconocida ya como uno de los más sobresalientes filósofos naturales.

²⁹Inglaterra establecería la religión protestante como su religión oficial, lo que sería de gran importancia para entender el objeto de estudio de Newton y la manera de este mismo de concebir el mundo que lo rodea.

³⁰En 1665 Newton recibe el título de ³¹*Bachelord of arts* lo que le daría la oportunidad de convertirse en *scholar* de la Trinity school; dos años más tarde Newton vuelve a Cambridge donde es elegido rápidamente como *fellow* del Trinity

²⁹ Idea tomada de “la historia de las ciencias”. Mauricio Nieto.

³⁰ Imagen que establece la relación recíproca entre las matemáticas y la geometría según Newton

³¹ Bachelord of arts: título otorgado en los países anglosajones y en europea por cursar cuatro años una carrera universitaria.

school, y dos años más tarde sería ascendido a ³²“*Lucasian proffesor*” de matemáticas en la universidad de Cambridge; es allí donde Newton consigue la cúspide en sus investigaciones documentadas luego en sus *principia*. Isaac Newton se casa seis meses antes del 20 de marzo de 1727, fecha en la cual fallece.

DISCUTAMOS SOBRE EL GENIO DE WOOLSTHORPE

La siguiente estrategia metodológica tendrá en cuenta los descubrimientos realizados por el participante a partir de la práctica reflexiva lo que servirá de base para proponer otros módulos de trabajo que estén relacionados con las temáticas propuestas en este módulo. La metodología de trabajo propuesta será desarrollada de la siguiente manera:

- El docente encargado pedirá al estudiantado que conformen grupos de 4 personas.
- Cuando los estudiantes estén organizados en grupos, el docente encargado dará a cada grupo una hoja en blanco para que este mismo escriba lo que conoce acerca de Isaac Newton.
- A continuación se le pedirá a cada grupo que construya una línea del tiempo teniendo en cuenta la información anteriormente brindada.
- Luego de esto se realizara una plenaria acerca de la vida y obra de Isaac Newton desde un contexto social y familiar teniendo en cuenta las preguntas expuestas en la introducción del documento.
- Luego de dar estas pistas los grupos escribirán en una cartelera la línea del tiempo hecha acerca de la vida de Isaac Newton para exponer los resultados a los otros grupos.
- Ahora a manera de conclusión responder por grupos la siguiente pregunta ¿Cómo creen que este conocimiento nos ayudaría a trabajar con los chicos de la escuela el tema del movimiento de manera más significativa?

³² Lucasian profesor: docente encargado en el área de matemáticas en la universidad de Cambridge. Para mayor información https://es.wikipedia.org/wiki/Profesor_Lucasiano

BIBLIOGRAFIA Y RECURSOS DIGITALES

Ayala, M. M. (2006). “*La enseñanza de la física para la formación de profesores de física*”. Universidad Pedagógica Nacional.

Ayala M. M. (2006). “*Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un espacio de posibilidades*”.

Newton I. (1982). “*Principios matemáticos de la filosofía natural*”. Ed. Nacional Madrid (traducción Eloy Rada García).

LINKS A MANERA DE CONSULTA

<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/newton/>

<http://historiadela-ciencia-mnieto.uniandes.edu.co/pdf/ISAACNEWTON.pdf>

http://platea.pntic.mec.es/dgarcia/c0708/0708_octavillas/tif2u12_IsaacNewton.pdf

LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN: ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

PROPUESTA DE AULA NÚMERO DOS

SESIÓN NÚMERO DOS

NOMBRE: Ferney León Borda

Código: 2009246027

UNA PROPORCIÓN QUE ORIGINA UNA LEY

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de Newton y su postura acerca del movimiento, generalmente lo que más se conoce es el famoso evento de “la manzana de Newton”, lo más interesante de este evento no es la explicación del porque los cuerpos caen, sino que este evento pudo llevar a Newton a comprender y relacionar matemáticamente la caída de una manzana con la “no caída de la luna sobre la tierra”. Ahora bien, lo interesante de este evento no es la manzana, sino el resultado de verla con detalle y tratarle de dar un formalismo matemático para que sea más explícito y definido.

En un principio es poco entendible esta relación, pero a medida que se desarrolle la sesión se podrá ver más claramente. Teniendo en cuenta que la caída de una manzana es un evento cotidiano y que aparentemente no tiene nada de extraordinario, al apreciarlo de una manera diferente deja de ser del común y pasa a ser una situación interesante de analizar; adicionalmente al tener en cuenta el contexto histórico-epistemológico involucrado en la enseñanza de la física con

relación a estos eventos cotidianos, se tornará más interesante este análisis al evidenciar que una variable en física hace la diferencia, lo interesante es idearse como construir con otras formas de explicación en la que los números y las cantidades nos ayudan a expresar los fenómenos con algunas ventajas significativas frente al lenguaje cotidiano.

OBJETIVO

- ***Discutir, a propósito del trabajo de Newton, el papel que las formalizaciones juegan en la construcción de explicaciones sobre los fenómenos del mundo físico.***
- ***Destacar junto con los estudiantes la relación existente entre el factor $1/r^2$ propuesto por Newton y el contexto histórico-epistemológico que está inmerso en este formalismo matemático.***

¿COMO LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGIA INMERSA EN UN PEQUEÑO EXPONENTE INFLUYE EN UN GRAN RESULTADO?

Newton desde muy joven fue un apasionado por las ciencias, dando en sus inicios interesantes aportes a la misma; ahora bien, Newton en su juventud pasaba horas leyendo a los grandes pensadores del siglo en el cual estaba situado, principalmente a Galileo, Kepler y Descartes, Newton logra profundizar en sus comprensiones en cuanto a matemáticas se refería, y a su vez, generando un panorama nuevo acerca del concepto de movimiento que siglos atrás ya se había pensado; en lo que Newton será un gran elemento en cuanto a la formalización matemática de estos mismos, teniendo en cuenta la formación en matemáticas que Newton tuvo en Cambridge. En la época de Newton aún se tenía unos indicios que mostraban que el movimiento tenía una causa ya que los estudios anteriores se hacían especialmente de las características del mismo teniendo en algunos casos una explicación aristotélica del universo, claro está con esto no se

desmerita el trabajo hecho por él, sino lo que se hace es un análisis del movimiento desde otra perspectiva.

Uno de esos análisis lo llevó a descubrir, para los movimientos circulares el ***inverso al cuadrado del radio***, que está presente en la ecuación de gravitación universal, que años más adelante propondría. Este hallazgo parte de la ecuación número uno que es la ecuación de aceleración centrífuga:

$$Ac = \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

Siendo v la rapidez del movimiento y r el radio de la trayectoria circular descrita por el movimiento. Ahora, si se tiene en cuenta que la rapidez de este movimiento está dada por la ecuación número dos:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (2)$$

Luego haciendo el reemplazo de la ecuación (2) en la ecuación (1) se obtiene la siguiente expresión matemática, la cual se llamara la ecuación número tres:

$$Ac = \frac{\frac{2\pi r}{T}^2}{r} \quad (3)$$

Al realizar las correspondientes operaciones y simplificaciones algebraicas, la ecuación número tres queda reducida a la siguiente ecuación, la ecuación número cuatro:

$$Ac = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad (4)$$

Teniendo la anterior expresión, se procede a multiplicarla por la tercera ley de Kepler, lo cual arroja la ecuación número cinco que se plantea de la siguiente manera:

$$Ac = \frac{4\pi^2 r}{T^2} * \frac{T^2}{r^3} \quad (5)$$

Realizando las simplificaciones algebraicas correspondientes se obtiene la siguiente expresión:

$$Ac = \frac{4\pi^2}{r^2} \quad (6)$$

Haciendo uso de la segunda ley del movimiento propuesta por Newton y teniendo en cuenta que esta misma plantea que la fuerza es directamente proporcional a la aceleración, es decir:

$$F \propto a$$

Se llega a la conclusión que la fuerza es inversamente proporcional al cuadrado del radio, lo que para el estudio del movimiento es trascendental: al mirar esta expresión matemática, Newton expreso con gran alegría: “*lo he calculado*”.

$$F \propto 1/r^2$$

DISCUTAMOS SOBRE AQUELLA PROPORCIÓN

En la sesión anterior se hizo una recontextualización de la vida de Newton social y familiarmente. En esta sesión se profundizara más al respecto; para ello, la metodología a seguir según lo anteriormente expuesto es:

- el docente encargado pedirá al estudiantado que se organicen en grupos de 4 personas (preferiblemente con personas diferentes a las que integraron los grupos de la sesión 1).
 - Se les preguntara acerca de algunas experiencias previas en cuanto a documentación y descripción de la caída de los cuerpos en algún espacio académico en la universidad.
 - Luego de esto, el docente encargado preguntara a los grupos conformados que entiende por las siguientes palabras: movimiento, historia, epistemología, conocimiento y conocer y las respuestas obtenidas los grupos las anotaran en una cartelera y la expondrán a sus compañeros.
 - Luego de que los estudiantes realicen sus exposiciones, el docente encargado realizara las siguientes cuestiones:
 - i. ¿De qué manera se podrían relacionar los anteriores términos?
 - ii. ¿Qué ejemplos de la vida cotidiana podrían evidenciar las relaciones anteriormente mencionadas?
 - iii. ¿Cómo se podría formalizar estos ejemplos? (tenga en cuenta las variables involucradas para escoger los ejemplos).
7. luego de discutir las anteriores cuestiones, se le pedirá a cada grupo de trabajo que plantee un ejemplo que involucre la relación entre dos razones, lo que se denomina como proporción.
 8. Teniendo en cuenta el ejemplo anterior, se le pedirá a cada grupo que plasme en forma de una ecuación este mismo y seguido a esto, exponga cada ecuación y el proceso de elaboración de la misma ante sus compañeros.
 9. A manera de conclusión se deja propuesta la siguiente pregunta: después del desarrollo de los puntos anteriores y como docentes en formación **¿Cómo se podría relacionar los procesos de construcción matemática de un fenómeno físico con la enseñanza de las ciencias en el aula de clase?**

BIBLIOGRAFIA Y RECURSOS DIGITALES

Christianson G. Newton (1987). tomo 1. Salvat editores. Barcelona.

Kuhn. T. (1970). *“La estructura de las revoluciones científicas”*. Fondo de la cultura Económica.

Kuhn. T. (1987). *“La Revolución Copernicana”*. Editorial Methodos.

Newton I. (1982). *“Principios matemáticos de la filosofía natural”*. Ed. Nacional Madrid (Original 1684). Traducción: Eloy Rada García.

Ochoa D. (2004). *“El péndulo en Newton, Hamilton y los sistemas caóticos”*. Línea de investigación: enseñanza de las ciencias desde la perspectiva cultural. Universidad. Pedagógica Nacional. Facultad de ciencia y tecnología. Departamento de física. Bogotá.