



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**La comprensión del concepto de cantidad de
movimiento, desde una perspectiva histórica y
epistemológica.**

Carlos Andrés Franco Vásquez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Medellín, Colombia
2013

**La comprensión del concepto de cantidad de
movimiento, desde una perspectiva histórica y
epistemológica.**

Carlos Andrés Franco Vásquez

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Director:

Doctor en Epistemología Historia de las Ciencias y las Técnicas
Jorge William Montoya Santamaría

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Medellín, Colombia
2013

Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye.

Gastón Bachelard.

Resumen

Este trabajo presenta una serie de reflexiones históricas y epistemológicas acerca de la enseñanza de las ciencias, a partir de éstas, se elaboró una propuesta orientada en la comprensión del concepto de cantidad de movimiento en estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Josefina Muñoz González. Posteriormente se llevó a cabo la propuesta mediante un proceso de intervención que parte de los obstáculos epistemológicos presentes en los esquemas de los estudiantes, luego se construyó una serie de situaciones que permitirían derribar esos obstáculos, para terminar analizando los avances y retrocesos de los estudiantes frente a esos obstáculos. Frente a esto se encontró que los estudiantes cuando están en contacto con una serie de situaciones propuestas por el docente, no necesariamente derriban los obstáculos iniciales para construir un conocimiento científico, es probable que los estudiantes permanezcan con sus obstáculos o construyan unos nuevos. Por ello se puede afirmar que no existe una fórmula mágica para enseñar conceptos científicos, pues todos los estudiantes no responden de igual manera frente a las situaciones que plantea el docente.

Palabras claves: Epistemología, historia, ciencia, cantidad de movimiento, dinámica, física, enseñanza.

Abstract

This paper presents a series of historical and epistemological reflections on Science teaching. From these, It is oriented in understanding the concept of Momentum in Seventh grade students of Josefina Muñoz González High School, where the proposal was developed. Subsequently, the proposal took place through an intervention process of the epistemological obstacles in the schemes of the students, then a series of situations which would bring down some built barriers, to finish analyzing the progress and setbacks of students against those obstacles. About this, It was found that when students are in contact with a number of situations suggested by the teacher, not necessarily They break down the initial barriers to build scientific knowledge. Probably students are likely to stay with their obstacles or build new ones. Therefore we can say that there is no magic formula for teaching scientific concepts, since not all students respond the same way with the situations posed by the teacher.

Keywords: Philosophy, History, Science, Momeptum, Dynamics, Physics, Teaching.

Contenido

Introducción.....	7
1. Presentación.....	9
2. Marco teórico	14
2.1 La dimensión histórica de la ciencia	14
2.2 La noción de obstáculo epistemológico	16
2.3 El concepto de situación, en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud.....	18
3. Objetivos	21
3.1 Objetivo general	21
3.2 Objetivos específicos	21
4. Metodología.....	22
4.1 El enfoque del trabajo: Cualitativo	22
4.2 Instrumentos de recolección de datos	25
4.2.1 Ficha Grupo.....	25
4.2.2 Guía de tópicos o temáticas.	25
4.2.3 Ficha de observación.	26
4.3 Proceso de intervención	27
4.4 Población y muestra	29
4.5 Categorización para análisis de datos	29
5. Resultados	30
5.1. Análisis fase 1	30
5.2. Análisis fase 2	32
5.3. Análisis fase 3	34
6. Conclusiones	39
A.Anexo: Concepto de cantidad de movimiento desde Euler y Newton	43
B. Anexo: Situaciones del proceso de intervención.....	47
Bibliografía.....	60

Lista de tablas

Tabla 1- Ficha grupo	25
Tabla 2 - Guía de tópicos o temáticas.....	26
Tabla 3 - Ficha de observación.....	27
Tabla 4 - Análisis situación inicial.....	30
Tabla 5 - Análisis situación final	35
Tabla 6 - Análisis estudiante No 7.....	37
Tabla 7 - Análisis estudiante No 6.....	37
Tabla 8 - Análisis estudiante No 5.....	38

Introducción

Este trabajo final, está enmarcado en el proceso de formación de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, maestría en profundización, ofrecida por la Universidad Nacional de Colombia. El principal objetivo del trabajo final está enfocado en la construcción de un conjunto de actividades, en las cuales se muestre la adquisición de habilidades y conocimientos propios de la profesión docente, así como la capacidad para aplicarlos y resolver problemas concretos. Por lo anterior la universidad propone realizar el trabajo final bajo la modalidad de práctica docente, donde el estudiante en un periodo académico lleve a cabo un conjunto de actividades en una institución reconocida por el ministerio de educación nacional, recopile una información, y narre la experiencia en un trabajo de tipo monográfico.

Respondiendo a estos parámetros se construye este trabajo, que recopila información relacionada con un proceso de intervención en el aula, llevado a cabo en la Institución Educativa Josefina Muñoz González del municipio de Rionegro. El trabajo no sólo narra la experiencia de aula, también muestra una serie de reflexiones de tipo histórico y epistemológico sobre la enseñanza de las ciencias, que sirvieron como punto de partida en la construcción de las situaciones llevadas al aula.

Inicialmente el trabajo pretende por medio de reflexiones, poner en discusión, referentes de enseñanza (Lineamientos curriculares en ciencias, estándares básicos en ciencias, libros de texto), referentes de tipo históricos y epistemológicos (Raichvarg, Bachelard, Vergnaud) y referentes conceptuales (Newton y Euler). A partir de estas discusiones y reflexiones, se construye una propuesta de aula enfocada en la comprensión del concepto de cantidad de movimiento en estudiantes de grado séptimo, posteriormente se lleva a cabo la propuesta, por medio de un proceso de intervención, y se analizan a la par, los resultados centrados en un análisis de tipo epistemológico del concepto, donde se van a describir cualitativamente los avances, retrocesos, dificultades y aciertos, de algunos de los estudiantes al momento de confrontarse con las situaciones propuestas.

En síntesis este trabajo pretende principalmente, narrar cómo algunos estudiantes actúan y desarrollan sus estructuras de pensamiento y de comprensión de conceptos, al ser confrontados con una serie de situaciones de aula. Pero es importante destacar que estas situaciones, fueron construidas en base a unas reflexiones de tipo históricas y epistemológicas,

que evidencian una imagen de ciencia, que permiten una comprensión de los conceptos por parte del docente y que van a ser el punto de partida para construir una ruta que permita mejorar la comprensión de conceptos por parte de los estudiantes.

1. Presentación

A partir de las reflexiones hechas en las asignaturas Orígenes de la ciencia moderna y Seminario proyecto de trabajo final, de la maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales de la Universidad Nacional de Colombia; surgieron ideas que permitieron construir el trabajo final de maestría. En la primera de las asignaturas se identificó la importancia de la historia y la epistemología de las ciencias en la enseñanza de las ciencias; además de la relevancia que tiene el concepto de cantidad de movimiento en la enseñanza de la mecánica. En la segunda asignatura se observó cómo están estructurados desde el Ministerio de Educación Nacional (MEN), los estándares curriculares en ciencias, observando que los contenidos relacionados con la enseñanza de la física y en especial de la mecánica, están presentes en el currículo desde los primeros años de la educación básica. Además de esto, en esta asignatura se dieron a conocer algunas teorías de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que permitieron sustentar en parte las actividades a desarrollar en este trabajo.

Además este trabajo también toma en cuenta las conclusiones realizadas en el trabajo de grado, hecho en la licenciatura en matemáticas y física de la Universidad de Antioquia titulado: la comprensión del concepto de fuerza a partir de una construcción histórico- epistemológica (2011), donde se concluyen dos aspectos, el primero es resaltar la importancia que tiene el concepto de cantidad de movimiento en la comprensión de otros relacionados con la mecánica, tales como: inercia, impulso, fuerza y energía; el segundo la necesidad de involucrar aspectos históricos y epistemológicos como herramientas de apoyo al docente, que permitan solucionar problemas propios de la enseñanza.

Por último, este trabajo se ve justificado bajo las sugerencias hechas por parte del MEN en los lineamientos curriculares en ciencias naturales (1998) y en los estándares básicos de competencias en ciencias (2004). Principales referentes propuestos por el gobierno nacional, para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula de clase; no es de negar que muchas instituciones educativas en sus proyectos educativos institucionales tengan presente estos referentes, tanto para construir los planes de área, como para diseñar la metodología a emplear en los procesos de enseñanza.

Los lineamientos del área, afirman que probablemente uno de los problemas de nuestros programas curriculares sea la falta de perspectiva histórica, que permita relativizar sanamente la concepción de realidad y de verdad. Cuando se piensa en la verdad como absoluta o en la realidad como algo independiente de la comunidad científica que la concibe, se asume que el juego de la ciencia se ha acabado: que ya se conoce todo (1998). Sin esta perspectiva, los docentes llevarán al aula conceptos descontextualizados, aislados y en la mayoría de los casos, sin una comprensión clara de ellos o peor aún, concebir la ciencia como el producto de

una sucesión de hechos ligados de manera lógica realizados por “sabios” e “ilustres” pensadores.

Los estándares básicos en ciencias naturales, expresan su interés en desarrollar competencias que acerquen a los estudiantes a un científico natural, explorando hechos y fenómenos, analizando problemas, observando y recolectando datos; esto con el fin de crear condiciones para que los estudiantes de educación básica y media del país, formen un pensamiento crítico y creativo que les sea útil para su vida cotidiana.

Los estándares pretenden fomentar la observación y la formulación de preguntas específicas sobre la aplicación de teorías científicas, la formulación de hipótesis con base al conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos, identificar variables que influyan en los resultados de un experimento, realizar mediciones con instrumentos y equipos adecuados, registrar observaciones y resultados utilizando esquemas y tablas y obtener conclusiones de experimentos, esto con el fin de que los estudiantes conciban el conocimiento en ciencias, no sólo como algo mecánico y matematizado sino también experimental y social.

Además de lo anterior, desde la mecánica y en especial desde el concepto de cantidad de movimiento, se puede observar en los estándares, que los estudiantes del grado sexto y séptimo, deben tener por lo menos competencias tales como: relacionar energía y movimiento; establecer relaciones entre distancia recorrida, velocidad y fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Aunque en estos dos estándares no está presente de manera explícita el concepto de cantidad de movimiento, es claro, que desde la perspectiva de este trabajo, este concepto es fundamental para comprender las situaciones que involucran fuerza y movimiento.

Teniendo en cuenta las sugerencias realizadas por el ministerio de educación nacional, tanto en los lineamientos como en los estándares, se puede observar una problemática frente a la enseñanza de las ciencias, ésta corresponde a que algunos docentes no tienen en cuenta una dimensión histórica, por lo que reflejan a sus estudiantes la ciencia como algo acabado e irrefutable. Otra problemática que se identifica en los estándares, es frente a los contenidos, allí se afirma que los estudiantes de sexto y séptimo, deben tener unas competencias mínimas frente al componente físico, por las cuales involucran conceptos como fuerza y energía, por lo que es necesario formar en dichos estudiantes, la noción clara de estos conceptos; esta formación no se está realizando por muchos de los docentes, pues hablan de fuerza, energía y potencia, como si los estudiantes por sí solos, ya hubieran formado estos conceptos en su relación con el mundo.

Estas dos problemáticas, se ven reflejadas cuando se analiza la principal fuente de información del docente, los libros de texto, que en muchas ocasiones representan la imagen del docente; ésta es la fuente que presenta una forma “mágica” de cómo orientar los procesos en el aula, con el objetivo de que los estudiantes logren las competencias mínimas. Tomar el texto guía como el medio para orientar los procesos en el aula, desencadena en otra problemática, es pensar que todos los estudiantes aprenden de la misma manera, por lo que no se tienen en

cuenta los conocimientos previos con los que llegan los estudiantes al aula y que los contextos en los que se enseña, tienen todas las mismas características. Para ser evidente estas problemáticas se analizaron dos libros de texto Ciencias 6, Prentice Hall (Pedrozo & otros, 2001) y Nuevo investiguemos 6, Voluntad (Parga & otros, 2000).

Frente a estos textos se centró el análisis, en la concepción de ciencia que reflejan, en los aspectos históricos presentes y en los contenidos relacionados con el componente físico. En ambos libros se propone el trabajo de los conceptos relacionados con la mecánica, en una unidad llamada entorno físico, que está presente en el final del libro, también es importante destacar que el concepto de cantidad de movimiento, en ninguno de los libros analizados se plantea para su enseñanza en la formación básica. Tampoco se conoce un libro que sugiera enseñar el concepto de cantidad de movimiento, antes de proponer situaciones que involucren fuerzas, por lo que la importancia que se le da al concepto no es la misma, que la planteada en este trabajo.

En el primero de los libros, llaman la unidad, Las máquinas simples, en ningún caso proponen una definición o un análisis conceptual de fuerza, solamente la utilizan indistintamente, esperando que todos los lectores comprendan claramente el concepto, además de ello, hablan de fuerza aplicada, pero en ningún caso hacen referencia a cómo se puede medir esa fuerza, tampoco nombran el concepto de cantidad de movimiento de un cuerpo o un sistema, aspecto que desde el punto de vista de este trabajo, es fundamental para comprender la mecánica y el movimiento de los cuerpos.

En esta unidad se pudo observar que al inicio hay una introducción llamada acercamiento histórico, donde someramente realizan una descripción de hechos desde la antigüedad hasta el siglo XVIII en apenas un par de páginas, mostrando la ciencia como una construcción lineal y sin obstáculos, en la cual cada generación aporta algún grano de arena a los conocimientos anteriores. Frente a esta concepción de ciencia, Giordan, Raichvarg & otros (1987), afirman que hay unas consecuencias pedagógicas, como: concebir el saber científico como una acumulación lógica, simplificada y ordenada, de teorías; formar la idea del mito del sabio: los hombres de ciencia como “descubridores”, solitarios y afortunados.

En el segundo libro de texto, también en la última unidad, el trabajo mecánico es llamado las máquinas y la energía, afirman que en general, en las máquinas se distinguen los elementos: la potencia o sea la fuerza que se aplica; La fuerza que ha de ser vencida o sea la resistencia. No es pretensión del trabajo analizar si las afirmaciones propuestas están correctas o no, lo que sí vale destacar, es que el libro describe conceptos como fuerza, potencia, resistencia y no se hace un análisis conceptual de este tipo de conceptos. También cabe destacar que el libro plantea una serie de actividades de construcción de máquinas simples, situaciones que pueden formar en la identificación de elementos de carácter técnico, pero en ningún caso, permite un análisis serio desde el punto de vista de los conceptos científicos.

En dicha unidad también describen a forma de historia, el hecho anecdótico, de Arquímedes en

su bañera, donde se afirma que descubrió una ley para los cuerpos sumergidos en el agua y salió gritando casi desnudo, Eureka (lo encontré). Estas anécdotas tan presentes en los libros de texto de ciencias, que en muchas ocasiones se realizan como motivación, dan una imagen de ciencia como producto de una observación clara y técnica de un solo fenómeno o experiencia o la ciencia como el producto de hechos evidentes. Estas concepciones tienen unas consecuencias pedagógicas según Giordan, Raichvarg & otros (1987), tales como: Basta mirar bien o utilizar el instrumento adecuado para construir ciencia y concebir las teorías científicas como el producto de una observación de un solo fenómeno.

En ninguno de los libros de texto consultados de la educación básica, se propone analizar el concepto de cantidad de movimiento y su relación con la mecánica; este concepto sólo es introducido en los libros de texto para el grado décimo en la asignatura de física, pero en una unidad llamada momentum lineal, que se da posterior a los conceptos relacionados con la cinemática y dinámica de los cuerpos.

En ambos libros, por lo contenidos, además de las consecuencias pedagógicas sobre la concepción de ciencia que se pueden dar a entender a los estudiantes, también se observan unos obstáculos pedagógicos, pues de entrada los libros conceptualizan a partir de otros conceptos, los cuales no se dialogan, ni desarrollan; solamente los ponen pensando que la palabra por sí misma ya tiene el significado. Por lo anterior y por la concepción de ciencia de este trabajo, se puede afirmar que los libros de texto, casi siempre se convierten en obstáculos pedagógicos, pues los docentes llevan tal cual el libro de texto al aula, desconociendo que las actividades propuestas en el, responden a las necesidades en muchas ocasiones de otros contextos.

Frente a las problemáticas identificadas y las sugerencias realizadas por el MEN, se planteó la siguiente pregunta, que sirvió de guía para construir el trabajo.

¿Qué efecto tiene en la comprensión del concepto de cantidad de movimiento, de los estudiantes del grado séptimo de la Institución Educativa Josefina Muñoz González, la aplicación de situaciones construidas en base a reflexiones históricas y epistemológicas?

La institución educativa en la cual se llevó el proceso de intervención y de recolección de datos, está ubicada en el municipio de Rionegro, de carácter público, atiende principalmente estudiantes de los estratos 1, 2, 3; que suman en total 3090. El promedio de estudiantes por salón de clase está entre 35 y 40.

Frente al aspecto académico, la institución educativa ha tenido un desempeño superior, en las pruebas saber 11 de los años 2011, 2012 y 2013, obteniendo desempeños cercanos al 50% en cada una de las áreas evaluadas por el ICFES. En especial, en el año 2012 obtuvo un promedio de 45.9% en la prueba de física, siendo una de las áreas con más bajo desempeño. Otra fuente de información para analizar la situación académica en la que se encuentra la institución educativa, son los resultados relacionados con las pruebas Saber para los grados 5º y 9º,

realizadas en el año 2012. En las pruebas Saber grado 5º, la mayoría de estudiantes obtienen en ciencias naturales un nivel de desempeño mínimo y el componente entorno físico es calificado como débil. En las pruebas saber para el grado noveno, no se conoce ningún reporte por parte del Ministerio de educación nacional.

De otro lado, el modelo pedagógico institucional es de carácter constructivista, en el cual el papel que desempeña el docente, es el de orientar y motivar los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Además de ello, los estudiantes deben formarse en la comprensión de conceptos básicos de las ciencias que le permitan resolver problemas propios de su medio. Los contenidos relacionados con el aspecto formativo están contruidos en base a los referentes teóricos del MEN, como los lineamientos curriculares y los estándares básicos en cada una de las áreas.

Estos aspectos de carácter contextual, se tuvieron en cuenta en este trabajo, ya que a partir de estos, se construyo una propuesta que estuviera acorde con los principios institucionales y el modelo pedagógico planteado por la institución. Además, aunque el proceso de intervención se llevó a cabo con una pequeña muestra de estudiantes, éste puede servir como reflexión institucional, frente a los procesos de enseñanza de las ciencias naturales a nivel de la básica, en especial la enseñanza de la física.

2. Marco teórico

Para soportar teóricamente el trabajo y realizar la reflexión sobre la enseñanza de las ciencias y la comprensión de conceptos, se hace referencia a dos trabajos realizados desde la historia y la epistemología de la ciencias, la primera de ellas, es la introducción del libro *Conceptos de Biología I* (Giordan, Raichvarg & otros, 1987), la segunda, *La formación del espíritu científico*, con la noción de obstáculo epistemológico (Bachelard, 1999). Otro referente que complementa lo anterior, es un trabajo enfocado desde las corrientes pedagógicas, denominado: *La teoría de los campos conceptuales* de Vergnaud. Con base en estos referentes se analizó el estado actual del concepto de cantidad de movimiento y su enseñanza, para posteriormente construir las situaciones de aula enfocadas en su comprensión, las cuales se ejecutaron, por medio de la práctica docente, donde se recogieron unos resultados para analizarlos desde el punto de vista conceptual y epistemológico.

2.1 La dimensión histórica de la ciencia

En la introducción del libro *Conceptos de Biología* (Giordan, Raichvarg & otros, 1987), donde se plantean algunos aspectos relacionados con el carácter histórico de conceptos como: La respiración, los microbios, el ecosistema, la neurona y se hace un análisis de la enseñanza de estos, teniendo en cuenta su valor histórico. Se puede encontrar algunas reflexiones e ideas que permitieron construir la perspectiva histórica y epistemológica que acompaña este trabajo.

En un primer momento (Giordan, Raichvarg & otros, 1987), afirman que la visión de enseñanza de conceptos tanto en la educación básica, como universitaria, está centrada en afirmar que éstos son objeto de “descubrimiento” por parte del trabajo de un hombre de ciencia, situación que desencadena según los autores, en dificultades de corte histórico, pues en la mayoría de las ocasiones estos trabajos no son obra de un hombre sino del trabajo científico de una época; y además en el aspecto, del “descubrimiento” el cual es el acto de conocer una cosa oculta, y que opaca la construcción hecha por la comunidad científica o por los hombres de ciencia, con el objetivo de aislar ciertos acontecimientos para atribuirle un valor simbólico.

Como ejemplo de esta situación, es normal ver en los libros de texto afirmaciones que dicen que Newton descubrió la teoría de gravitación universal después de caerle en la cabeza una manzana de un árbol, analizando esta situación se pueden identificar dos cosas: la primera, es el hecho de atribuirle la palabra descubrimiento, como si la teoría de gravitación universal estuviera oculta en la naturaleza, la segunda es la costumbre de los autores de muchos libros

de texto de querer plantear un hecho anecdótico y simbólico para desencadenar el “descubrimiento” de una ley o concepto. Lo anterior equivale a aislar todo el trabajo histórico de la ciencia para vender la imagen de que ésta, se construye a partir de situaciones aisladas y producto del azar.

De lo anterior se toma en cuenta para este trabajo, que al momento de plantear situaciones en el aula, éstas en ningún momento están pensadas en recrear un hecho anecdótico o simbólico registrado en la historia, y mucho menos esperar que a partir de dichas situaciones los estudiantes descubran algo.

La segunda reflexión que se puede encontrar en la introducción del libro, está relacionada con la concepción de historia de las ciencias, la cual no se debe entender como una serie de descubrimientos sucesivos y simbólicos, de nuestros “genios”, aportando cada uno, en sucesión, una nueva piedra para añadir al prestigioso edificio del conocimiento científico, sino como un laboratorio epistemológico que permite comprender las vías que fueron o no pertinentes, durante el proceso de construcción de conocimiento, sin olvidar los contextos que permiten dar sentido a las evoluciones o involuciones (Giordan, Raichvarg & otros, 1987).

Desde esta perspectiva histórica, se debe comprender la ciencia como un conjunto de construcciones hechas por personas o comunidades científicas, con el fin de responder en la mayoría de situaciones, a problemáticas presentes en cada una de las épocas, que la ciencia es el resultado de una construcción teórica, de análisis de variables en experiencias, que no sólo están llenas de resultados positivos, sino también de experiencias que no son consideradas fructíferas por hombres de ciencia. Giordan, Raichvarg & otros, plantean que para reconocer esta dimensión de ciencia, es necesario acercarse a los textos originales, pues es allí donde se interpreta la ciencia como una construcción de hombres, y no como un descubrimiento de un sabio. Que esta construcción está llena de rupturas, que el saber debe concebirse como un momento histórico y que en muchas ocasiones lo que se consideraba un paradigma, pasa a segundo plano por otra mirada, otro modelo construido por hombres de ciencia.

Esta mirada de la historia de la ciencia, le aporta al docente una concepción de ciencia dinámica, que está ligada a un devenir histórico, que no sea resultado de hechos aislados y mucho menos entenderse como “ley” natural, verdadera, incuestionable e irrefutable. De ninguna manera se plantea esta perspectiva histórica y epistemológica de la ciencia, como la situación de llevar la historia de las ciencias al aula de clase, ni de resaltar biografías, libros, episodios históricos que han desencadenado la construcción de ciencia; sino como una manera del docente apropiarse del discurso de la ciencia, de su historicidad, de sus conceptos, de sus rupturas, para así poder plantear situaciones que permitan solucionar problemas propios del aula. De esta manera, se espera que el docente en su discurso, refleje esta dimensión de ciencia, pues en la mayoría de las situaciones, las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje son el reflejo de la imagen que el docente transmite de ella.

La dimensión histórica de la ciencia se ve reflejada a través del análisis de algunos textos

originales que trabajan el concepto de cantidad de movimiento como: Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía (Euler:1990), Principios matemáticos de la filosofía natural (Newton:1994) (Ver anexo A), cabe resaltar que dicho análisis aunque no refleja todas las posibles miradas, todas las construcciones teóricas de la época, las experiencias realizadas y las dificultades encontradas por los hombres de ciencia y mucho menos una descripción propia del contexto en los que se construyeron dichas teorías; sirvieron de orientación para plantear las situaciones de aula, pues fue la ruta en el enlace de conceptos y el referente frente a la conceptualización de los mismos.

2.2 La noción de obstáculo epistemológico

La noción de obstáculo epistemológico, es un concepto desarrollado por el filósofo francés Gastón Bachelard, en su libro la formación del espíritu científico (1999), éste hace referencia al “conocimiento” inmediato, espontáneo, fundado en nuestras vivencias, que se convierte en idearios de vida y axiomas de verdad.

Estos obstáculos no se deben entender como barreras inquebrantables e indestructibles, sino como oportunidades para aprender a partir de un estado de arrepentimiento intelectual, el cual consiste en que el estudiante al verse enfrentado con situaciones que lo ponen en un desequilibrio cognitivo, en una dialogo interno con sus ideas previas, termine dándose cuenta de sus errores y arrepintiéndose de ellos. Para comprender mejor la noción de obstáculo y su interpretación en este trabajo, el análisis se va desarrollar a partir de tres tipos de obstáculos epistemológicos, los dos primeros: la experiencia básica y el obstáculo pedagógico, descritos por Bachelard y un tercero que se podría llamar el lenguaje común, que para efectos de este trabajo puede ser de gran utilidad.

Es innegable, que los estudiantes llegan al aula de clase, con “conocimientos” adquiridos a partir de la experiencia básica y sus vivencias; estos “conocimientos” que responden a las apreciaciones del sentido común, son inmediatos y aunque son obstáculos, se convierten en la pieza fundamental para formar conceptos científicos en los estudiantes. No se trata pues, como docente de ciencias, fomentar estos obstáculos en los estudiantes, ya que no se puede desconocer que desde una temprana edad, ellos ya han formado estos “conocimientos”. Se trata es de tomar estos “conocimientos” como el punto de partida para la adquisición de nuevos conceptos, por lo cual es necesario que el docente los identifique, para luego construir y poner en juego una serie de situaciones, en las cuales los estudiantes, tomen conciencia de sus propios errores y a partir de una discusión interna de arrepentimiento intelectual, salga una comprensión clara de los conceptos aceptados por las comunidades científicas.

Para ejemplificar este obstáculo, desde la física, en especial de la mecánica, es normal que los

estudiantes piensen que de dos cuerpos, uno más masivo que otro, al soltarlos en el mismo instante desde un segundo piso, se va demorar menos en caer el de mayor masa. Para derribar este obstáculo el docente debe proponer una experiencia científica, que contradiga el sentido común, para que el estudiante entre en un estado de arrepentimiento intelectual, en un desequilibrio cognitivo (en términos de Piaget), y pueda acercarse al conocimiento científico.

Otro ejemplo de este obstáculo, relacionado con la cantidad de movimiento de un cuerpo, es el de querer tumbar un muro con un péndulo de demolición, para ello se pueden utilizar esferas de acero o madera, ambas de igual volumen y preguntarle a los estudiantes con cuál de las dos esferas será más efectivo derribar el muro, casi siempre ellos van a responder que con la esfera de acero, desconociendo que es posible que la esfera de madera puede llegar con mayor rapidez, por ser lanzada desde una mayor altura. Luego se le pregunta a los estudiantes, que si es posible que el péndulo de madera pueda ser más efectivo para derribar el muro y es difícil que los estudiantes afirmen que sí, porque por encima de todo, prevalece la idea del sentido común, de que las cosas más masivas siempre van a destruir más que las livianas, desconociendo que en tales situaciones la rapidez con la que llega cada una de las esferas también debe ser tenida en cuenta y es de igual importancia que la masa.

El segundo obstáculo, que se analiza es el pedagógico. Para enseñar cualquier tema de ciencias, es sorprendente la cantidad de dificultades en la comprensión de conceptos que se presentan y más en situaciones físicas, ya que en muchas de ellas, están involucrados conceptos de fuerza, energía, potencia, temperatura, calor, etc. Conceptos que exigen un nivel de comprensión, ampliación e investigación y muchos docentes carecen de ello.

Es normal que algunos docentes se consideren maestros o eruditos en algunas áreas de las ciencias, pero esa consideración, en muchos casos se convierte en un obstáculo pedagógico, tanto para la comprensión propia de los conceptos, como para su enseñanza. Esa concepción de erudito, no le permite ver más allá, él debe ser consciente de que muchos conceptos no se entienden, que debe hacer un análisis desde la historia para comprenderlos.

Un ejemplo de este tipo de obstáculo, que ha permeado la enseñanza de la física, tanto a nivel básico como universitario, es la ecuación para fuerza neta, $F = m \cdot a$ (F = fuerza neta, m = masa, a =aceleración), la pregunta es, ¿Acaso no hay un sinnúmero de situaciones en las cuales hay una variación de la masa con respecto al tiempo, como: el recorrido de un coche quemando el combustible o una botella de agua tirada desde un segundo piso con un orificio en la parte inferior? ¿Acaso estas variaciones de masa, no son por causa de alguna fuerza que actuó sobre el sistema? En la tradicional $F = m \cdot a$, sólo se tienen en cuenta las situaciones con masa constante, por lo que su conceptualización está sólo para unos casos específicos. Sería más general plantear la fuerza neta como el cambio de la cantidad de movimiento del cuerpo, sobre el tiempo transcurrido, $F = \Delta P / \Delta t$ (F =fuerza neta, P = cantidad de movimiento, t = tiempo). Esta situación se puede considerar como un obstáculo pedagógico, porque algunos docentes replican la información propuesta en los libros sin analizar claramente el significado de cada uno

de los conceptos.

El tercer obstáculo, aunque no es descrito por Bachelard, es fundamental para analizar las situaciones de este trabajo, se llamará el lenguaje común. En varios casos los significados de las palabras en la vida cotidiana, son diferentes a los significados construidos desde el discurso de la ciencia, por lo anterior, el docente debe indagar sobre los significados que tienen los estudiantes acerca de cada uno de los conceptos a enseñar, tales como: velocidad, rapidez, peso, masa, fuerza, presión, potencia, energía, trabajo, corriente eléctrica, etc. Los significados que expresan los estudiantes sobre esas palabras, pocas veces concuerdan con la realidad científica, pero en muchos casos, esos significados del lenguaje común, se relacionan con los científicos, por lo que el docente, puede partir de ellos y modificarlos al discurso científico.

Por ejemplo, es normal que los estudiantes se aproximen a la comprensión del concepto de rapidez, pero no lo diferencian del concepto de velocidad, como tampoco establecen una relación directa entre la velocidad y la dirección. También desde el lenguaje común, el concepto de peso, no tiene diferencia con el de masa, pero desde la terminología científica cada una de las palabras tiene un significado diferente.

El último ejemplo que podría darse de este tipo de obstáculo es el de fuerza, normalmente en el lenguaje común, se observan afirmaciones como: “usted si tiene mucha fuerza”, “hay que hacerle fuerza a la selección el día de hoy”, “mucha fuerza para que pueda salir de las dificultades”, es obvio que esa idea de fuerza es lejana a la conceptualización científica, por lo que se debe considerar como un obstáculo epistemológico.

2.3 El concepto de situación, en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud.

Marco Antonio Moreira escribe un artículo (2002), donde realiza una aproximación teórica de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud, además realiza un análisis de la enseñanza de la ciencia y la investigación en el área, teniendo en cuenta esta teoría.

Moreira afirma, que la teoría de los campos conceptuales, está interesada en el desarrollo cognitivo a partir de la conceptualización, por eso el docente debe prestar toda la atención a los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones en las cuales los estudiantes desarrollan sus esquemas, en la escuela o fuera de ella. Para entender inicialmente la teoría, se definen los conceptos claves propuestos por Vergnaud.

El más general, es el de campo conceptual, Vergnaud lo define como un conjunto de situaciones cuyo tratamiento requiere conceptos, procedimientos y representaciones; este conjunto de situaciones requiere a su vez, el dominio de varios conceptos de naturaleza

distinta. Por ejemplo, el campo conceptual de las estructuras multiplicativas son todas las situaciones que puede ser analizadas como problemas de proporcionalidad para los cuales generalmente es necesario multiplicar, dividir, combinar (Moreira: 2002).

Los objetivos de este trabajo, están dentro del campo conceptual de la mecánica clásica, este campo está compuesto por un conjunto de situaciones o problemas, que le van a permitir a los estudiantes comprender cómo y por qué se mueven las cosas, en éste se relacionan conceptos, tales como: sistema de referencia inercial, velocidad, aceleración, masa, densidad, inercia, cantidad de movimiento, conservación, fuerza, campo, energía, trabajo y potencia. Además de conceptos matemáticos como proporcionalidad, ecuación y función. Es claro, que para lograr que los estudiantes pueden enfrentarse a este tipo de situaciones, necesitan un trabajo de años, por ello no se espera que al finalizar el trabajo de intervención los estudiantes puedan comprender a cabalidad los conceptos y procedimientos referidos al campo conceptual, pero por lo menos, que pueda servirles para comprender, lo que es a juicio de este trabajo el concepto fundamental de la mecánica, la cantidad de movimiento de un cuerpo.

Las situaciones desde la teoría de Vergnaud pueden entenderse como tarea o problema, una situación compleja puede ser analizada como una combinación de tareas, para las cuales es importante conocer sus naturalezas y dificultades propias (Moreira: 2002); la generalidad del concepto de situación que plantea Vergnaud, permite llamar situación a todas las tareas que se realizan en el aula, tales como experimentos, análisis de simulaciones, pruebas escritas, conversatorios, trabajos en grupo, etc. Para Vergnaud, las situaciones que plantea el docente son la base fundamental para que los estudiantes puedan comprender los conceptos, por ello, es importante realizar una selección concientizada de éstas. Que los procesos cognitivos y las respuestas del sujeto se hacen en base a las situaciones a las cuales es confrontado, y que es a partir de dichas situaciones que establecen relaciones con otras ya vividas y que progresivamente dominan, que puede dar sentido a los conceptos y procedimientos que se quiere que aprendan (Moreira: 2002).

Pero, desde la teoría de los campos conceptuales, ¿Cómo comprenden los conceptos, los estudiantes? Para dar respuesta a esta pregunta, Vergnaud incluye dos nuevos conceptos, el de esquema, la herencia piagetiana, y el de invariantes operatorios. Esquema es el concepto introducido por Piaget para referirse a las formas de organización como de las habilidades sensorio-motoras y las habilidades intelectuales, por eso se debe entender, el esquema como la organización invariante del comportamiento para responder a una determinada clase de situaciones (Moreira: 2002). Desde esta mirada los estudiantes poseen en su estructura cognitiva una serie de esquemas que han sido construidos al interactuar con diversas situaciones a lo largo de su vida, y es tarea del docente establecer situaciones que le permitan a los estudiantes relacionarlas con sus esquemas. Por lo anterior, Vergnaud propone que se debe hablar del aprendizaje y la comprensión de los conceptos, como relaciones entre las situaciones y los esquemas (Moreira: 2002).

Los invariantes operatorios, es el concepto propuesto por Vergnaud, para referirse a los conocimientos contenidos en los esquemas (Moreira: 2002). Estos conocimientos en la mayoría de casos, tienden a no ser explícitos, ni claros, pues algunos estudiantes no son capaces de explicitar un concepto en lenguaje natural o tienden a confundirlos al proponerle una variedad de situaciones. Aunque los invariantes operatorios que poseen los estudiantes en los esquemas no son claros para afrontar una variedad de situaciones, estos sí deben servir como punto inicial para formular situaciones que les permitan a los estudiantes llegar a un conocimiento explícito y claro. Este último concepto se puede relacionar con el propuesto por Bachelard en la noción de obstáculo epistemológico, por lo que estas dos miradas de la formación en ciencias, son complementarias, en el análisis de la comprensión de conceptos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Categorizar la comprensión del concepto de cantidad de movimiento, de estudiantes del grado séptimo de la Institución Educativa Josefina Muñoz González, en las 6 situaciones construidas en base a reflexiones históricas y epistemológicas.

3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar por medio de una situación inicial, los obstáculos epistemológicos, presentes en los esquemas de los estudiantes al iniciar el proceso de intervención.
- Compilar los avances, retrocesos, discusiones, frente a la comprensión del concepto de cantidad de movimiento, llevados a cabo por los estudiantes en el momento del proceso de intervención en las situaciones construidas.
- Evaluar por medio de una situación final, la comprensión del concepto y sus avances frente a los obstáculos epistemológicos identificados.

4. Metodología

A partir de las reflexiones hechas en este marco teórico, y de los referentes utilizados, se orientó una propuesta para el trabajo de aula enfocada en la comprensión del concepto de la cantidad de movimiento, aunque se puede seguir para orientar y enseñar cualquier concepto desde el punto de vista científico. Inicialmente es necesario que los docentes al momento de enseñar un concepto, tengan una imagen de ciencias en construcción, como el producto del trabajo de muchos hombres de ciencia, la cual no es lineal, sino con rupturas, estancamientos y dificultades. Luego es necesario que tenga una comprensión clara del concepto, por lo cual se recomienda que se acerque a los libros originales de los hombres de ciencia, para analizar su época y contexto, y pueda a partir de esta lectura no solo comprender más el concepto, sino poder encaminar una ruta conceptual para la enseñanza de él.

Posteriormente el docente debe discernir los obstáculos epistemológicos presentes en los esquemas de los estudiantes y en la cultura y a partir de ellos construir una serie de situaciones que sean en lo posible capaz de derrumbar esos obstáculos y obtener el concepto que el docente desea.

Para este trabajo en especial, además de las reflexiones hechas a lo largo de la formación profesional, se siguieron estas orientaciones, inicialmente se analizaron unos referentes sobre la historia y epistemología de las ciencias, dando de esta manera una concepción de ciencia, luego se retomó el análisis de los libros originales como el de Newton y Euler (ver anexo A), donde no solo se mejoró la comprensión del concepto de cantidad de movimiento por parte del docente, sino que se encontró la importancia que puede tener este en la enseñanza de la mecánica, además de una ruta conceptual para llegar a la comprensión de este concepto. Luego teniendo en cuenta los referentes epistemológicos y pedagógicos, se observaron los obstáculos epistemológicos presentes en los estudiantes para implementar por medio de un proceso de intervención, una serie de situaciones que pudiera derrumbar estos obstáculos.

4.1 El enfoque del trabajo: Cualitativo

El enfoque para recolectar y analizar los datos, del proceso de intervención, es el cualitativo, ya que va permitir centrar el análisis en las descripciones, opiniones, significados, experiencias, de cada uno de los participantes en el proceso de intervención.

Hernández & otros (2010), planean unas ideas para tener en cuenta en la recolección de los

datos de tipo cualitativo, afirmando que el propósito no es medir variables para llevar a cabo inferencias y análisis estadístico, sino obtener datos de personas, contextos o situaciones en profundidad, que prioricen en las percepciones, interacciones, pensamientos, experiencias y vivencias manifestadas en el lenguaje de los participantes, ya sea de manera individual o colectiva, con la finalidad de analizarlos y así responder a la pregunta de investigación.

Hernández & otros (2010), afirman que la recolección de datos ocurre en los ambientes naturales y cotidianos de los participantes y que aunque se pueden utilizar diferentes instrumentos para recolectar los datos tales como: Entrevistas, fichas de observación, encuestas, diarios de campo; realmente el instrumento primordial es el propio investigador, pues es quien recoge los datos, quien los observa, es decir no sólo es la persona encargada del análisis de los datos, sino que es el medio de obtención de la información. Como los datos son obtenidos dependiendo las circunstancias específicas de cada situación, es importante resaltar algunos instrumentos que van a permitir recolectar la información. Los autores proponen que estos instrumentos, en la medida de lo posible, no sean estandarizados, que sean dinámicos, para que el investigador en determinada situación, pueda modificar los parámetros y así recolectar una serie de datos, que le permitan responder la pregunta de investigación.

Inicialmente se tuvo en cuenta en este trabajo, el método de observación, pues la observación toma un papel fundamental en el análisis cualitativo, se utilizó un instrumento de ficha de observación no estandarizada, teniendo en cuenta la recomendación de Hernández & otros (2010), que afirman que esta ficha en lo posible debe ser en blanco que por un lado se registren las anotaciones descriptivas de la observación y por el otro las interpretaciones. Por eso las tareas del investigador no pueden ser delegadas, es él, quien en determinado momento de la situación, decide qué información es relevante y por qué.

El segundo método que se tuvo en cuenta para realizar este trabajo es el grupo de enfoque, que consiste en reuniones de grupos pequeños, en los cuales los participantes conversan sobre uno o varios temas, después de analizar y resolver situaciones. Para recolectar la información bajo este método se utilizó una ficha de grupo, que está compuesta por: datos sobre los participantes, fecha y duración de la sesión, información completa del desarrollo de la sesión y resultados de la sesión. Aunque este instrumento, inicialmente está propuesto por Hernández & otros (2010), para ser llenado por un moderador del grupo que sea acompañante del proceso de intervención, para efectos de este trabajo no fue posible, por la cantidad de personas que realizarán el proceso de intervención, por lo tanto, cada uno de los grupos eligieron un delegado que tomara nota de lo que pasaba al interior de la cada reunión; de igual manera, el

investigador estuvo pendiente con su ficha de observación de las conversaciones y análisis de cada uno de los grupos.

El tercer y último método utilizado en este trabajo para la recolección de la información, fue la guía de tópicos o temáticas, que según los autores, es un instrumento compuesto por pocas preguntas que trae detrás un trabajo minucioso de selección y formulación de preguntas buscando fomentar la interacción y profundización de las respuestas. Para efectos de este trabajo la guía de tópicos estuvo compuesta por unas preguntas semiabiertas (respuestas de selección múltiple, con justificación), que sirvieron para analizar la comprensión del concepto por parte de los participantes en cada uno de las situaciones propuestas.

Para analizar los datos cualitativos, Hernández & otros (2010) afirman, que esto no se realiza al finalizar el proceso de intervención, sino en todo momento, la recolección y el análisis de datos cualitativos ocurren prácticamente en paralelo. En este trabajo la ficha de observación, acompañó todas las situaciones en las cuales estén presentes los participantes. La ficha está compuesta por unos ítems de interpretación, que van a permitir evaluar constantemente el proceso de intervención y analizar los resultados respectivos que den respuesta a la pregunta de investigación.

Hernández & otros (2010), proponen que aunque durante el proceso se realiza un análisis de la información, también es importante realizar un análisis más detallado de ésta, para ello inicialmente, se debe organizar la información, codificarla y eliminar datos irrelevantes. Posteriormente se identifican unidades de significado, se categorizan y se les asignan códigos, los cuales deben relacionarse lógicamente con los datos recolectados y los propósitos del trabajo.

Para el análisis de resultados en este trabajo se construyó las categorías relacionadas con el concepto de cantidad de movimiento y los obstáculos encontrados en los esquemas de los estudiantes en la situación inicial. El proceso de intervención, estuvo compuesto por tres fases, la primera tuvo por objetivo reconocer los obstáculos epistemológicos presentes en los esquemas de los estudiantes y su nivel de comprensión con respecto al concepto de cantidad de movimiento. Para llevar a cabo este objetivo, se planteó una situación en la cual se utilizó el instrumento guía de tópicos o temáticas. La segunda fase está compuesta por una serie de situaciones como experimentos, problemas y debates grupales, en los cuales se utilizó principalmente el instrumento de ficha grupo, aunque cabe resaltar, que el instrumento de ficha observación tuvo un significado igual de importante en la recolección de los datos en esta fase. En la tercera y última fase, que tuvo por objeto evaluar la comprensión de los estudiantes

frente al concepto a lo largo de las dos anteriores, se planteó una situación que utilizó el instrumento guía de tópicos o temáticas.

4.2 Instrumentos de recolección de datos

Como se dijo anteriormente para la recolección de los datos se utilizó tres instrumentos. Para los datos del grupo enfoque, se utilizó la ficha grupo; para los datos de situación inicial y final, se utilizó la guía de tópicos o temáticas y para analizar todas las sesiones, se utilizó la ficha de observación.

4.2.1 Ficha Grupo.

Al momento de realizar las situaciones en la parte central del proceso de intervención, se utilizó el método de recolectar los datos por medio de un grupo enfoque, en cada sesión los estudiantes seleccionaron a un representante para que llenar la ficha grupo. Esta ficha está compuesta por el objetivo de la situación, los pasos a seguir, montaje y materiales, preguntas a desarrollar y conclusiones.

Situación #	Fecha:	Objetivo:
Grupo #	Concepto:	
Materiales:		Montaje:
Descripción de la actividad:		
Preguntas:		Conclusiones:

Tabla 1- Ficha grupo

4.2.2 Guía de tópicos o temáticas.

Este instrumento se utilizó para recolectar los datos cualitativos tanto en la situación inicial, como en la situación final, está compuesto por el objetivo de la situación y preguntas de selección múltiple con única respuesta, en el cual los estudiantes deben justificarlas. Se realizaron las preguntas de selección múltiple porque se consideró que el nivel de justificación

de los estudiantes de grado séptimo en la mayoría de las ocasiones no es claro, por lo que la selección de la respuesta puede dar más herramientas para emitir un juicio.

Situación #	Fecha:	Objetivo:
Estudiante:		
Pregunta 1: A. Opción a B. Opción b. C. Opción c D. Opción d. Justificación:		Pregunta 4: A. Opción a B. Opción b. C. Opción c D. Opción d. Justificación:
Pregunta 2: A. Opción a B. Opción b. C. Opción c D. Opción d. Justificación:		Pregunta 5: A. Opción a B. Opción b. C. Opción c D. Opción d. Justificación:
Pregunta 3: A. Opción a B. Opción b. C. Opción c D. Opción d. Justificación:		Pregunta 6: A. Opción a B. Opción b. C. Opción c D. Opción d. Justificación:

Tabla 2 – Guía de tópicos o temáticas

4.2.3 Ficha de observación.

En un trabajo de enfoque cualitativo, el método de observación juega un papel fundamental, por lo cual se va utilizó en este trabajo una ficha de observación, que sirvió para registrar los hechos fundamentales en cada una de las situaciones planteadas en el proceso de intervención.

Esta ficha está compuesta por el objetivo de la actividad, los conceptos trabajados, las anotaciones descriptivas (descripción de la actividad y hechos relevantes), las interpretaciones y conclusiones.

Situación #	Fecha:	Objetivo:
Conceptos:		Interpretaciones:
Anotaciones descriptivas		
Descripción de la actividad:		Conclusiones:
Hechos Relevantes:		

Tabla 3 – Ficha de observación

4.3 Proceso de intervención

El proceso de intervención, estuvo compuesto por seis sesiones de dos horas cada una, se desarrolló en los meses de septiembre y octubre del año 2013, bajo los espacios cedidos por la Institución Educativa Josefina Muñoz González.

En la primera sesión, se realizaron las actividades de la fase 1, compuesta de la situación inicial (ver anexo B) que tenía como objetivo identificar los obstáculos epistemológicos presentes en los esquemas de los estudiantes frente a enunciados que involucraban el concepto de cantidad de movimiento. Para recolectar estos datos se utilizó la guía de tópicos y temáticas. Esta guía estuvo compuesta de 7 puntos de selección múltiple, donde en cada uno de ellos se planteada a los estudiantes un enunciado, pero antes que respondieran, se les explicaba cada uno de los puntos, para evitar dificultades en la comprensión de las preguntas. Los conceptos involucrados en esta guía además del concepto de cantidad de movimiento y su conservación, fueron velocidad y masa, pero para mejor asimilación, se utilizaron palabras como rapidez y “peso”, pues son más cercanas al lenguaje común.

En la segunda sesión, perteneciente a la fase 2, se llevó a cabo la situación 1 (ver anexo B), que tenía por objeto, establecer el concepto de velocidad, como una cantidad vectorial de la

relación entre el desplazamiento y el tiempo. Esta actividad se realizó en grupos de 3 personas y se recolectó la información a partir de la ficha grupo, que tiene enunciados para identificar la diferencia entre rapidez y velocidad, también situaciones para calcular la rapidez de un cuerpo, a partir de una experiencia propia en la cancha y por último, enunciados que servían para relacionar la velocidad con la dirección. Todas estas actividades se llevaron a cabo con el acompañamiento del docente, que orientaba la actividad y solucionaba las dudas presentes en cada uno de los puntos.

En la tercera sesión, perteneciente a la fase 2, se llevó a cabo la situación 2 (ver anexo B), en ésta se utilizó la misma metodología de la sesión pasada y tuvo por objeto establecer comparaciones de la masa de diferentes cuerpos a través de una balanza. En esta situación, se planteó inicialmente una discusión frente a la diferencia de la masa y el peso de un cuerpo, luego se utilizó la balanza de comparación para identificar qué cuerpo era más masivo que otro, también se midió con la ayuda de la balanza deslizante del laboratorio la cantidad de masa de un cuerpo, para terminar con un ejercicio en el cual identificaría que la masa de un cuerpo, siempre es la misma así sea que modifique su forma.

Para la cuarta sesión, los estudiantes ya deberían tener claro los conceptos de masa y velocidad, por lo que se podía empezar a introducir la descripción física de lo que se entiende por cantidad de movimiento de un cuerpo. La situación 3 (ver anexo B), perteneciente a la fase 2, tenía por objeto, identificar las relaciones entre la masa y la rapidez, en la variación de la cantidad de movimiento de un cuerpo. En esta situación, se pusieron en juego por medio de una rampa, la variación de la velocidad y la masa, para derribar una botella llena de agua, la velocidad se variaba tirando objetos de dos rampas de diversa altura, en donde la de mayor altura, va permitir que el cuerpo llegue con mayor velocidad. Las masas varían al tirar esferas de cristal de diferentes tamaños, con esta actividad se esperaba que los estudiantes identificaran la relación entre la velocidad y la masa, con la efectividad para derribar la botella de agua.

Para la quinta sesión, la última de la fase 2, se repasaron inicialmente todos los conceptos trabajados en las sesiones anteriores. Además, se procedió por medio de la situación 4 (ver anexo B), a formalizar el concepto de cantidad de movimiento como el producto de la velocidad y la masa de un cuerpo. Luego de esto, se pusieron en juego discusiones relacionadas con la variabilidad de la cantidad de movimiento del cuerpo y cuáles son los posibles agentes externos que hacen que ésta varíe, esto con el objetivo de introducir el concepto de fuerza.

En la sexta y última sesión, perteneciente a la fase 3, se utilizó de nuevo la ficha de tópicos y

temáticas, que tiene por objeto identificar la comprensión del concepto y sus avances frente a los obstáculos epistemológicos identificados en la prueba inicial, también se utiliza la metodología de explicación de cada uno de los puntos de la situación final (ver anexo B), para evitar que los estudiantes respondan incorrectamente por aspectos relacionados con la interpretación. En esta guía se plantearon preguntas especialmente relacionadas con la cantidad de movimiento de un cuerpo.

4.4 Población y muestra

EL proceso de intervención se llevó a cabo con estudiantes de 1 de los 8 grados séptimos, de la institución educativa. De los 35 estudiantes de este grupo, se seleccionaron 12 estudiantes para este proceso, debido a los espacios cedidos por la institución educativa y por el enfoque cualitativo del trabajo.

4.5 Categorización para análisis de datos

Para analizar los datos, en cada una de las fases del proceso de intervención se utilizaron especialmente los obstáculos epistemológicos identificados en los resultados de la prueba inicial. Como ya se sabe que la cantidad de movimiento es el producto de la velocidad por la masa del cuerpo, se puede categorizar el pensamiento de los estudiantes frente a este concepto en: Espíritu masivo, aquellos estudiantes que siempre piensan que un cuerpo con mayor masa va a destruir más, que uno más liviano, independiente de la velocidad con la que llegue. Espíritu Veloz, aquellos estudiantes que siempre piensan que un cuerpo que llega con mayor rapidez va a destruir más que uno de menor rapidez, independiente de la masa que tenga. Espíritu Compensativo, aquellos estudiantes que identifican que la masa y la velocidad de un cuerpo, se relacionan inversamente proporcional y cuando una disminuye, la otra aumenta proporcionalmente para tener el mismo poder de destrucción. No sólo se centró el análisis en lo relacionado con la cantidad de movimiento de un cuerpo, sino que también se analizó los obstáculos epistemológicos relacionados con el lenguaje común, como la diferencia entre peso-masa y velocidad-rapidez.

5. Resultados

Para el análisis de resultados, en cada una de las fases del proceso de intervención, se dividirá el proceso de categorización en dos categorías, la primera de ellas, es la relacionada con el obstáculo del lenguaje común (categoría A), la cual comprende la diferencia entre masa-peso (A.1) y la diferencia entre velocidad-rapidez (A.2). La segunda, es la relacionada con los obstáculos epistemológicos de la experiencia básica frente al concepto de cantidad de movimiento (categoría B), la cual comprende el espíritu masivo (B.1), el espíritu veloz (B.2) y el espíritu compensativo (B.3). Se va realizar el análisis de cada uno de los estudiantes del proceso de intervención, los cuales están enumerados de 1 a 11, excluyendo uno de los estudiantes, pues no asistió a más de la mitad de sesiones realizadas.

5.1. Análisis fase 1

En la fase 1, donde se realizó la prueba inicial (ver anexo B), con el objetivo de identificar los obstáculos epistemológicos relacionados con el concepto de cantidad de movimiento, se registran en la siguiente tabla, los datos obtenidos, a partir de la lectura de cada una de las preguntas de la prueba inicial.

Estudiante No	Categoría A		Categoría B		
	A.1	A.2	B.1	B.2	B.3
1	x	x		x	
2	x	x	X		
3	x	x		x	
4	x	x		x	
5	x	x	X		
6	x	x	X		
7	x	x	X		
8	x	x		x	
9	x	x	X		
10	x	x	X		
11	x	x	X		

Tabla 4 - Análisis situación inicial

Frente a la categoría A, por la forma de argumentar las respuestas, se observa que todos los estudiantes, poseen los obstáculos epistemológicos del lenguaje común, pues no diferencian, los conceptos de velocidad–rapidez, y masa–peso, los utilizan indistintamente, como si uno fuera sinónimo del otro. Esto no es de sorprender, siempre es normal que los estudiantes lleguen a clase de ciencias con estos obstáculos, pues en la cultura tales palabras no tienen diferencia alguna.

Frente a la categoría B, se esperaba que todos los estudiantes, desde el sentido común, pensarán que los objetos más masivos siempre van a destruir más que los livianos, independiente de la velocidad con la que vienen. Pero tal situación no ocurrió, aunque 7 de los 11, estudiantes están enmarcados en esta subcategoría, también hay 4 estudiantes, que tienen un espíritu veloz, es decir que piensan que un objeto más veloz siempre va destruir más que uno menos veloz, independiente de la masa que tenga. Esta categorización del pensamiento de los estudiantes se puede observar especialmente en la respuesta a las preguntas 2 y 5 de la prueba inicial, ya que estas permiten observar una relación de compensación entre las variables masa y velocidad.

La pregunta 2, dice: Suponga un juego que tiene como objetivo detener a dos personas que vienen corriendo en un corredor, el primer participante tiene una masa de 100kg y su velocidad es de 1m/s, el segundo participante tiene una masa de 50kg y su velocidad es de 2m/s. Entre los estudiantes que tienen un espíritu masivo, se pueden encontrar respuestas como: “es más difícil detener el participante 1, porque es más gordo y puede tener más fuerza”, o “es más difícil detener el participante 1, porque es más difícil ante más gordito más difícil”. Entre los estudiantes que se categorizan en un espíritu veloz, se pueden encontrar respuestas como: “es más difícil detener el participante 2, por su velocidad y porque es mucho más rápido”.

En la pregunta 5, que dice: una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición del mismo tamaño, pero las bolas de acero que se cuelgan son de diferente masa y vienen con diferente rapidez. Si la masa de la esfera de la máquina 1 es de 5kg y su rapidez es de 10m/s y la masa de la esfera de la máquina 2 es de 10kg y llega con una rapidez de 5m/s. Entre los estudiantes que tienen un espíritu masivo, se puede encontrar respuesta como: “la máquina 2, es más efectiva para derribar el muro, porque la máquina 2 pesa más que la 1 así la velocidad sea poca”; “la máquina 2, es más efectiva para derribar el muro, porque es más pesada y puede derribar más fácil el muro”. Frente a los estudiantes clasificados con un espíritu veloz, se pueden encontrar respuestas como: “la máquina 1, es más efectiva para derribar el muro, porque va con mucha velocidad”;

“la máquina 1, es más efectiva para derribar el muro, porque tiene una masa baja pero tiene una rapidez doble que la segunda, entonces puede derribar el muro más fácil que la máquina 2”

Aunque algunos estudiantes, en algunas respuestas responden desde un espíritu compensativo, en otras preguntas responden lo contrario, lo que indica que en sus esquemas presentan unos invariantes operatorios poco claros, situación que desencadena en obstáculos epistemológicos para comprender el concepto de cantidad de movimiento.

Es claro, que aunque inicialmente ya se tenían un conjunto de actividades a realizar, éstas tuvieron algunas modificaciones al intentar responder a los obstáculos epistemológicos identificados en cada uno de los estudiantes.

5.2. Análisis fase 2

En esta fase compuesta por la aplicación de las situaciones 1, 2, 3 y 4 (Ver anexo B), en la cual su metodología era trabajo en grupo, con el acompañamiento del docente, es difícil realizar un análisis individual de los avances y retrocesos frente a los obstáculos epistemológicos identificados, pero con las conclusiones realizadas y el trabajo en grupo, se puede hacer una descripción general de cómo, frente a las situaciones planteadas, los estudiantes van derribando sus propios obstáculos.

En la situación 1 (ver anexo B), que tenía como objeto comprender la diferencia entre la velocidad y la rapidez, se puede observar que muchos estudiantes, así sea en el momento, comprendieron la diferencia entre los dos conceptos. Esto se puede ver reflejado en las respuestas que se hacen, frente a la pregunta 6 de la ficha, que dice: si un auto recorre una pista circular y siempre en su pantalla muestra 55m/s, ¿Viaja a la misma velocidad? ¿Viaja a la misma rapidez? Algunas de las respuestas de los estudiantes son: “no viaja a la misma velocidad, sí viaja a la misma rapidez, porque la velocidad depende de la dirección” ; “no viaja a la misma velocidad, sí viaja a la misma rapidez, porque su velocidad cambia al cambiar su dirección, pero su rapidez es la misma”. También se puede observar a partir de las respuestas que realizan los estudiantes, que tienen una idea clara de cómo medir la rapidez promedio de un objeto, pues en la pregunta 4 de la ficha, donde se le pregunta, que a partir de la experiencia realizada, se puede decir que la rapidez es la razón entre _____ y _____, la mayoría de los grupos respondieron distancia y tiempo.

En la situación 2 (ver anexo B), donde se trabajaban aspectos relacionados con la masa de un cuerpo, inicialmente se le afirmó a los estudiantes, que lo que cotidianamente llaman peso, es lo que físicamente se llama masa, que peso es otra magnitud física. Luego los estudiantes realizaron la experiencia de comparar las masas de diferentes cuerpos con la ayuda de balanzas, de esta manera concebir una idea intuitiva de masa. A partir de las respuestas de los estudiantes se puede observar que ellos comprenden que así sea que un cuerpo se le modifique su forma, su masa se conserva, esto se puede ver a partir de la respuesta a la pregunta 4 de la ficha, que dice: mida la masa de una bola de plastilina, luego divida esta plastilina en bolas tan pequeñas que le sea posible, mida estas bolitas en la balanza, ¿Qué ocurre? ¿Cuando un cuerpo, se parte en pedacitos, varía su masa? A estas preguntas los estudiantes respondieron: “Que así un cuerpo se divida en varios cuerpos la masa sigue siendo la misma”; “la masa es aproximadamente la misma, así se modifique la forma”.

En la situación 3 (ver anexo B), la cual tenía como objetivo poner en juego la variación de la masa y la velocidad, en la efectividad de derribar una botella de plástico y que se desarrolló después de que los estudiantes tuvieran una idea más clara de los conceptos de masa y velocidad, se observó, a partir de las respuestas, que los estudiantes identifican que tanto la velocidad como la masa, se deben tener en cuenta a la hora de derribar la botella de plástico, esto se puede evidenciar en las respuestas frente a la pregunta 4 de la ficha: ¿Qué modificación es necesario hacer en la rampa, para aquellas ocasiones en que no se consigue derribar la botella con determinada esfera?, entre las respuestas se encuentran: “si ponemos otra rampa de mayor altura se lograría derrumbar la botella, con las esferas mediana y pequeña”; “Hay que colocar la rampa más alta, para que la esfera que no la ha derrumbado, la derrumbe”.

También en las respuestas de la pregunta 6: ¿Con cuáles esferas tuviste mayor éxito al tratar de derribar el objeto? Algunas respuestas fueron: “Fue más fácil con la piponcha (grande)”; “con la esfera que tuvimos más éxito fue con la de mayor masa”. A partir de las respuestas de estas preguntas, se puede identificar que los estudiantes desde la experiencia consideran que la masa y la velocidad deben tenerse en cuenta, cuando se va derribar un objeto. Pero quizás, lo más importante es que ellos se dieran cuenta, que una compensa la otra, que las dos magnitudes (masa y velocidad) son inversamente proporcionales, que para que un cuerpo de menor masa tenga igual cantidad de movimiento, que otro de mayor masa, basta con aumentar su velocidad de forma proporcional. Esto es lo que llamamos en el trabajo, tener un espíritu compensativo y que se evidencia en los estudiantes a partir de las respuestas de la pregunta 7 de la ficha, que dice: ¿Para derribar el objeto, cuál tiene mayor importancia, la rapidez con la que llega, la masa de las esferas o ambas por igual? Los grupos respondieron: “Ambas por

igual porque si es muy masiva la derriba y si viene con mucha rapidez y desde más alto y es menos masiva, también la derrumba”, “Se necesita tanto la masas como la rapidez”.

En la situación 4 (ver anexo B), donde se realizó un repaso de las situaciones anteriores y de los conceptos trabajados y en donde su principal objetivo era que los estudiantes comprendieran cómo se expresaba matemáticamente la relación de proporcionalidad inversa entre la masa y la velocidad, en lo que en esta situación se empezó a llamar cantidad de movimiento de un cuerpo. Frente a ello se realizó una discusión inicial frente a esos conceptos y se observó que pese a la experiencia realizada en la clase anterior, algunos estudiantes todavía manifestaban sus respuestas desde sus obstáculos epistemológicos, es decir, no habían hecho duelo de ellos, por lo que concebían de forma incorrecta el concepto de cantidad de movimiento. Entre ellos podemos destacar el espíritu veloz del estudiante No 1 y el espíritu masivo de los estudiantes 6 y 9. Después de la explicación por parte del docente, de por qué estas magnitudes se compensaban, se mejoró un poco esta comprensión, esto se vio reflejado en las conclusiones de la ficha, donde los grupos de estudiantes respondían: “La cantidad de movimiento depende igualmente de su masa y su velocidad”; “la multiplicación de la velocidad y la masa dan un mismo poder destructivo (cantidad de movimiento)”.

Desde las observaciones registradas en la ficha de observación, en el desarrollo de cada una las de situaciones propuestas, se ve claramente que aunque el trabajo se hizo en pequeños grupos, algunos no participaron activamente en el solución de éstas, por lo que claramente su resultado puede verse afectado por no participar activamente del duelo de sus obstáculos epistemológicos, entre esos estudiantes podemos señalar el 5, 6, 9 y 11. Además es importante destacar que algunos estudiantes faltaron a sesiones de trabajo, por lo que se espera que también puedan afectar su resultado, en la situación 3, faltó el estudiante 6 y en la situación 4, faltaron los estudiantes 7 y 11. Ambas situaciones eran relevantes para la comprensión del concepto de cantidad de movimiento.

5.3. Análisis fase 3

La fase 3, compuesta por la situación final (ver anexo B), donde de forma individual se analiza el avance de los estudiantes frente a sus obstáculos epistemológicos identificados en la prueba inicial, después de la lectura realizada de cada una de las respuestas, los resultados interpretados se representan en la siguiente tabla.

Estudiante No	Categoría A		Categoría B		
	A.1	A.2	B.1	B.2	B.3
1					X
2			x		
3		X			X
4					X
5	x			x	
6	x	X	x		
7	x				X
8		X		x	
9	x			x	
10	x	X		x	
11	x	X		x	

Tabla 5 - Análisis situación final

Al analizar la categoría A, 6 de los 11 estudiantes perviven con obstáculos epistemológicos del lenguaje relacionados con la diferencia entre masa y peso, en las respuestas de las preguntas de la prueba final las palabras peso y masa, son utilizadas como si tuvieran el mismo significado. Los otros 5 estudiantes sí utilizaron en su justificación solamente la palabra masa por lo que optaron por utilizar la palabra físicamente correcta y derribar ese obstáculo. Frente a la subcategoría A.2, relacionada con la diferencia entre velocidad–rapidez, 5 estudiantes todavía utilizan las palabras como si tuvieran el mismo significado. De esto se puede analizar que los obstáculos heredados del lenguaje común, perviven en muchos estudiantes, así sea que se les haya dado una explicación sobre ellos. Este resultado puede tener un sentido lógico, pues es lo que viven a diario y durante muchos años lo que se convierte como verdad, las palabras y los significados de las palabras, toman el significado más desde el contexto de vivencia, que desde el propio sentido científico. Por lo que esta utilización correcta del lenguaje, quizás sea una construcción de años de trabajo desde la ciencia y sus significados.

Frente a la categoría B, se observan unos interesantes, pero inesperados resultados. Los estudiantes 1, 3, 4 y 7, están enmarcados desde un espíritu compensativo, o sea que lograron derribar sus obstáculos epistemológicos relacionados ya sea con el espíritu masivo o el espíritu veloz. Es decir desde este análisis estos estudiantes lograron hacer el duelo frente sus esquemas iniciales. Los estudiantes 2, 6 y 8, pervivieron con su pensamiento, o sea que

permanecieron desde su espíritu sea masivo o veloz. Estos estudiantes no lograron hacer el duelo frente a sus obstáculos epistemológicos. Los resultados pueden tener un sentido lógico, pues es posible que los estudiantes no relacionaron claramente sus esquemas con las situaciones propuestas, esto bien sea, por falta de atención, por poca participación o por no haber asistido a las actividades o simplemente porque las situaciones propuestas no lograron convencerlo de sus errores, por lo cual no hubo un arrepentimiento intelectual.

Quizás el resultado más inesperado es el encontrado en los estudiantes 5, 9, 10 y 11, en donde, a partir de las respuestas se evidencia que lograron derribar el obstáculo epistemológico del espíritu masivo, pero quedaron enmarcados en el espíritu veloz, puede ser difícil encontrar una respuesta de por qué los estudiantes en su proceso de desequilibrio cognitivo, en ese proceso de arrepentimiento intelectual, optaron por construir otro obstáculo epistemológico, pero puede tener una explicación, quizás la poca participación de tres de esos estudiantes en las actividades realizadas, fueron el motivo de por qué entraron en un estado de confusión y no lograron el espíritu compensativo esperado, o simplemente no fueron suficientes las situaciones propuestas o no fue el tiempo necesario para lograr el espíritu científico esperado.

Para dejar más claro, el por qué de la clasificación de los estudiantes tanto en la fase inicial, como final, frente a la categoría B. Se optó por analizar individualmente, el pensamiento de 3 estudiantes. Uno de los que derribó sus obstáculos y está clasificado como un espíritu compensativo; uno de los que permaneció en sus obstáculos iniciales y por último, uno de los que modificó sus esquemas iniciales, derribando su obstáculo, pero adquiriendo otro de los obstáculos sin llegar al espíritu compensativo. Para este análisis utilizaremos los estudiantes 7, 6 y 5, respectivamente.

Estudiante No 7	
Situación inicial	Situación Final
Pregunta 5. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición del mismo tamaño, pero las bolas de acero que se cuelgan son de diferente masa y vienen con diferente rapidez. Si la masa de la esfera de la máquina 1 es de 5kg y su rapidez es de 10m/s y la masa de la esfera de la máquina 2 es de 10kg y llega con una	Pregunta 1. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición de igual tamaño, pero una de ellas utiliza una bola de acero y la otra una de madera. ¿Es posible que la máquina de esfera de madera sea más efectiva para derribar el muro?

rapidez de 5m/s. ¿Cuál es la máquina más efectiva para derribar el muro?	
Respuesta: “La máquina 2 es más efectiva para derribar el muro, porque es más pesada...”	Respuesta: “Sí, porque la de madera puede llegar con una velocidad considerablemente mayor, porque la esfera llegaría con mayor velocidad...”
Subcategoría: Espíritu masivo	Subcategoría: Espíritu compensativo

Tabla 6 - Análisis estudiante No 7

Las dos preguntas, son similares, por lo que evidentemente se ve un cambio en sus esquemas, en la situación inicial claramente responde bajo un espíritu masivo, pues no tiene en cuenta la velocidad. En la situación final responde bajo un espíritu compensativo, pues afirma que aunque la madera tenga una masa menor que la de acero, puede derribar más fácil el muro, porque existe la posibilidad de llegar con una alta velocidad.

Estudiante No 6	
Situación inicial	Situación Final
Pregunta 5. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición del mismo tamaño, pero las bolas de acero que se cuelgan son de diferente masa y vienen con diferente rapidez. Si la masa de la esfera de la máquina 1 es de 5kg y su rapidez es de 10m/s y la masa de la esfera de la máquina 2 es de 10kg y llega con una rapidez de 5m/s. ¿Cuál es la máquina más efectiva para derribar el muro?	Pregunta 1. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición de igual tamaño, pero una de ellas utiliza una bola de acero y la otra una de madera. ¿Es posible que la máquina de esfera de madera sea más efectiva para derribar el muro?
Respuesta: “La maquina 2 es más efectiva para derribar el muro, porque su peso es más grande...”	Respuesta: “No, siempre va ser más efectiva la máquina de esfera de acero, porque su masa es mayor”
Subcategoría: Espíritu masivo	Subcategoría: Espíritu masivo

Tabla 7 - Análisis estudiante No 6

Al observar las respuestas del estudiante, en dos situaciones parecidas, observamos que las

respuestas están enmarcadas bajo el mismo pensamiento, sus respuestas se dan bajo un espíritu masivo; por lo que no pervive en sus obstáculos epistemológicos.

Estudiante No 5	
Situación inicial	Situación Final
Pregunta 5. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición del mismo tamaño, pero las bolas de acero que se cuelgan son de diferente masa y vienen con diferente rapidez. Si la masa de la esfera de la máquina 1 es de 5kg y su rapidez es de 10m/s y la masa de la esfera de la máquina 2 es de 10kg y llega con una rapidez de 5m/s. ¿Cuál es la máquina más efectiva para derribar el muro?	Pregunta 1. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición de igual tamaño, pero una de ellas utiliza una bola de acero y la otra una de madera. ¿Es posible que la máquina de esfera de madera sea más efectiva para derribar el muro?
Respuesta: “La máquina 2 es más efectiva para derribar el muro, porque la máquina 2 pesa más que la 1...”	Respuesta: “Sí, porque la de madera puede llegar con una velocidad considerablemente mayor, a la otra. Los objetos tienen mayor efectividad cuando tienen mayor velocidad”
Subcategoría: Espíritu masivo	Subcategoría: Espíritu veloz

Tabla 8 - Análisis estudiante No 5

En preguntas tan similares es posible identificar como cambio el pensamiento de el estudiante, frente a tal situación, se observa que en la prueba inicial claramente afirma desde un espíritu masivo, en la situación final, en cambio ya lo hace desde un espíritu veloz, pues afirma que los cuerpos más veloces tienen mayor efectividad.

6. Conclusiones

La enseñanza de las ciencias, en especial la física, exige una preparación multidisciplinar del docente, pues éste no debe solamente conocer los conceptos científicos a enseñar, sino también la razones por las cuales éstos se originaron y la manera como pueden ser llevados al aula para que el estudiante los comprenda. Desde este trabajo, el docente debe ser una persona enamorada por la ciencia, su historia y su filosofía, que conciba una idea de ciencia en construcción, dinámica, refutable, de procesos no siempre lineales, con rupturas, sin descubrimientos, que no es inmediata, ni sencilla, sino que responde a una construcción del hombre y para el hombre, que tiene un sentido social, que nace de preguntas y necesidades propias del contexto. Todo esto es lo que se entiende en este trabajo como la dimensión histórica de las ciencias. La cual no es sencilla, porque exige dedicación, tiempo, procesos de investigación, rupturas ya que choca con los idearios de maestro.

La dimensión histórica de la ciencia, no es para que el docente la lleve al aula, como una serie de historias anecdóticas, lecturas de biografías, citas celebres o recrear experimentos antiguos. La dimensión histórica es más un regalo para el docente, pues a partir de ella, puede fortalecer la comprensión de los conceptos científicos, pues se contextualiza y da sentido al por qué de ellos, además puede construir una ruta para la enseñanza de cualquier concepto y así solucionar problemas propios de la enseñanza. Esta dimensión histórica, da una idea de ciencia, que aunque el docente no le diga a los estudiantes que la ciencia está en construcción, que es dinámica y refutable, se refleja en su discurso, por lo cual transmite a sus estudiantes indirectamente esta idea.

A partir de esta concepción de ciencia y una comprensión clara de conceptos desde una reflexión histórica, el docente debe responder cómo los estudiantes aprenden ciencias; la manera que se propone en este trabajo es discernir los obstáculos epistemológicos y a partir de ellos, construir una serie de situaciones que involucren estos obstáculos y pueda permitirle al estudiantes ese diálogo interno en su estructura cognitiva, para así lograr un conocimiento más cercano a los conceptos científicos.

En este trabajo, se analizaron por medio de una situación inicial, los obstáculos epistemológicos presentes en los esquemas de los estudiantes, frente al concepto de cantidad de movimiento. Desde la lectura a las respuestas de esta situación, se identificaron dos tipos de obstáculos, los que nacen del lenguaje común, como la no diferenciación entre los conceptos masa-peso,

velocidad–rapidez y los que nacen de la experiencia básica, como el espíritu masivo (suponer que un cuerpo más masivo siempre va a destruir más que un cuerpo liviano, independiente de la velocidad con la que llegue) y el espíritu veloz (suponer que un cuerpo más veloz siempre va a destruir más que un cuerpo más lento, independiente de la masa que tenga). Esta idea de discernir los obstáculos epistemológicos, antes de hacer cualquier proceso de intervención en el aula, se toma desde el filósofo de las ciencias Bachelard, y desde el psicólogo cognitivo francés Vergnaud, que afirman que todo conocimiento debe partir de los esquemas presentes en los estudiantes.

Luego de identificar esos obstáculos presentes en los estudiantes, se elaboraron una serie de situaciones, en base a unas previamente existentes, que sirvieran para derribar dichos obstáculos. Situaciones que se llevaron a cabo mediante un proceso de intervención con los estudiantes, se desarrollaron en grupos y con el acompañamiento continuo del docente.

Frente a estas situaciones, se puede resaltar que no todos los estudiantes participaron activamente, sea porque no asistieron o por no trabajar activamente en el grupo y frente a los resultados de estas situaciones, se puede destacar que en el momento de la realización de las actividades, los grupos de trabajo identificaron diferencias conceptuales entre masa–peso y velocidad–rapidez, como también las relaciones de proporcionalidad inversa entre la masa y la velocidad frente a la cantidad de movimiento de un cuerpo. Pero no es posible concluir que todos los estudiantes hayan superado los obstáculos identificados en esta fase del proceso de intervención, porque el trabajo fue grupal y el acompañamiento del docente activo, además de la realización de una serie de actividades en el momento, por lo cual los estudiantes pueden responder frente a lo vivido, pero no necesariamente hacen el proceso de arrepentimiento intelectual, ni el dialogo interno frente a lo que hubieran pensado antes de la experiencia.

Por último se realizó un análisis individual, de los obstáculos identificados, sus avances y retrocesos durante todo el proceso de intervención, se analizó que hay estudiantes que pese a las situaciones vividas perviven en sus obstáculos epistemológicos, otros derriban esos obstáculos, para tener un pensamiento más cercano al científico y otros aunque derriban los obstáculos iniciales, generan otros obstáculos, por lo cual, no se obtienen los resultados esperados frente a la comprensión del concepto.

Frente a los obstáculo de confusión de los conceptos masa–peso y velocidad–rapidez, que son fruto del lenguaje común, se observa que varios estudiantes perviven con esos obstáculos, pareciera que fuese muy difícil, cambiar las palabras que han utilizado durante años, por unas que solamente se trabajaron en un par de meses. Frente a ello, se tiene que concebir el

lenguaje de la ciencia, como una cuestión de tiempo y es difícil que estudiantes que nunca han visto física, puedan hacer ese proceso de cambio con tanta facilidad.

En los obstáculos epistemológicos relacionados con la experiencia básica o sentido común, también se observan varias cuestiones interesantes.

La primera de que el proceso de dialogo de las situaciones vividas en el proceso de intervención, con los obstáculos presentes en los esquemas de los estudiantes, son una cuestión que tiene un sin número de variables, es decir, existen varias alternativas por las cuales puede optar el estudiante frente a su pensamiento, esto se puede evidenciar, porque unos perviven en sus obstáculos, quizás, porque las situaciones vividas no los convencieron; la otra es derribar los obstáculos iniciales, pero generar otros nuevos, este caso tan particular, que fácilmente no se piensa antes de realizar el proceso de intervención, también puede tener lógica, ya que es posible que los estudiantes, al vivir otras situaciones, decidan derribar el sentido común, pero radicalizarse frente a la otra opción o quizás sea porque las situaciones planteadas y el proceso individual desarrollado no le permitieron lograr la comprensión del concepto. Y la ultima derribar sus obstáculos iniciales y acercarse a la comprensión del concepto. Frente a esto encontramos 4 de los 11 estudiantes, casos que sirven para valorar la efectividad o no de la propuesta desarrollada, desde el proceso de enseñanza de la ciencia. Siempre se debe considerar que así sea que un solo estudiante logre los resultados esperados, ya hay una ganancia en el proceso del docente.

La segunda, de que el proceso de formación del espíritu científico es un proceso de años con dificultades y rupturas que no siempre desencadenan en un conocimiento científico, sino que generan un nuevo obstáculo. Este trabajo permite evidenciar que derribar los obstáculos epistemológicos no es una tarea fácil, pues no se logra con realizar un proceso de intervención de 2, 3, ó 4 meses, donde se le muestre a los estudiantes una experiencia, ni dos, ni quizás tres, donde choquen sus pensamientos y se genere un dialogo interno de ideas. Es un trabajo consciente de muchos meses, donde el docente, discierne luego actúa, discierne luego actúa, en un proceso de psicoanálisis constante y se debe hacer hasta lograr el conocimiento científico. Esto quizás sea lo más interesante en la enseñanza de las ciencias, pues nada está escrito, no existe una manera mágica de formar los conceptos científicos, pues todos los estudiantes conviven con obstáculos epistemológicos diferentes, las formas de derribarlos también son diferentes y el tiempo que tarda en derribarlos también.

Hay otros aspectos que valen la pena resaltar y son los relacionados con el sentido del trabajo. El primero es que hay que repensar la manera cómo se enseña la mecánica en la

escuela, cómo estructurar los contenidos y cómo involucrar a los docentes de la básica en la formación de conceptos físicos. La segunda es que se debe dar la importancia al concepto de cantidad de movimiento para así lograr una mejor comprensión de conceptos físicos, en especial el de fuerza. La tercera, que los docentes de ciencias también deben hacer parte del difícil proceso de la formación del espíritu científico, que es cambiable y no tiene un final.

Frente a otros análisis que se pueden hacer del trabajo y están más enfocados a mejorar el proceso de intervención, se deben fortalecer las situaciones que permitan ese espíritu compensativo frente a la cantidad de movimiento de un cuerpo, ya que dichas situaciones deben permitir la medición de las magnitudes de velocidad final y masa. Fortaleciendo este aspecto, los estudiantes podrán derribar con mayor facilidad sus propios obstáculos.

A. Anexo: Concepto de cantidad de movimiento desde Euler y Newton

Para este análisis se realizó un acercamiento a algunos de los textos históricos en los cuales se desarrollan conceptos fundamentales de la mecánica tales como: Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural de Isaac Newton y Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía de Leonhard Euler.

En dichos textos es posible observar que la mecánica y dinámica del movimiento de los cuerpos, se estudia con base en conceptos físicos tales como el de inercia, masa, velocidad, cantidad de movimiento entre otros, de manera que es necesario realizar una selección de los conceptos fundamentales sobre los cuales se constituye y delimitan su contexto de aplicación, condición necesaria debido a la transversalidad de los mismos en el campo de la física.

El análisis se centró solo en los conceptos relacionados con la cantidad de movimiento, por eso inició por una descripción de lo que se va entender por velocidad, inercia, masa, luego por cantidad de movimiento, para terminar con la conservación y no conservación de la cantidad de movimiento.

De acuerdo con Euler, dos de las características centrales del movimiento son su dirección y velocidad entendidas respectivamente como “el lugar al cual el cuerpo es llevado por el movimiento” y “... la cualidad...por la que se dice que un cuerpo recorre en cierto tiempo más o menos espacio”(Euler, 1990, p.221).

Es importante notar que para Euler el concepto de velocidad es equivalente al concepto de rapidez que presentan algunos libros de física actuales (serla, 2005), el cual se refiere únicamente a la tasa temporal de cambio de la posición sin incluir una dirección como se hace en la definición de velocidad actual, de tal manera que al proponer experiencias mentales en las cuales desea describir el movimiento de un cuerpo, hace referencia de manera independiente a los conceptos de velocidad y dirección en la forma definida. Para Euler (1990):

[...] mientras un cuerpo conserva la misma dirección, se mueve según una línea recta, y recíprocamente, en tanto un cuerpo se mueve según una línea recta, conserva la misma dirección; pero cuando un cuerpo se mueve siguiendo una línea curva, cambia continuamente de dirección (p.225).

En forma análoga propone que un cuerpo se mueve con velocidad constante cuando recorre iguales distancias en iguales intervalos de tiempo y con base en estos dos conceptos establece que el movimiento uniforme es aquel en el cual la dirección y la velocidad permanecen invariantes en el tiempo. Considera además que “cuando la velocidad de un cuerpo no es igual, su movimiento no es uniforme. En particular, cuando la velocidad de un cuerpo va aumentando, su movimiento se llama acelerado y cuando disminuye continuamente se llama

retardado” (p.226).

La definición de velocidad que se tuvo en cuenta en este trabajo incorpora tanto la dirección, como la rapidez y el sentido del movimiento, entendiendo la dirección y el sentido como características que se establecen desde un sistema de referencia para determinar la orientación espacial del movimiento de un objeto y la rapidez de manera equivalente a como define Euler la velocidad.

Aún cuando Euler emplea los términos acelerado y retardado para designar un movimiento en el cual aumenta o disminuye la rapidez de un objeto, se define de manera general un movimiento acelerado como aquel en el cual se experimentan cambios en la magnitud de la velocidad (ya sea aumento o disminución) y en su dirección.

No fue el propósito de este trabajo abordar de manera formal el concepto de velocidad, de tal manera que el tratamiento de conceptos como la velocidad instantánea se realizó de manera esencialmente intuitiva.

El concepto de velocidad es fundamental en la descripción del movimiento debido a que con relación a éste, se establece un sistema especial de referencia denominado sistema inercial y que es la base para el estudio de los fenómenos mecánicos. Este sistema de referencia se define como aquel en el cual un cuerpo que no interactúa con otros permanece siempre con velocidad constante. Sin embargo, es importante notar que dicho sistema es una idealización física, pues su definición presupone un objeto cuyo movimiento no es afectado por ningún tipo de acción, ya sea de contacto, gravitacional, electromagnética etc.

Cualquier sistema de referencia que se mueva a velocidad constante con relación a un sistema inercial, es por sí mismo un sistema inercial, de manera que no existe un lugar privilegiado para la descripción del movimiento, pues cualquier sistema inercial es igualmente “bueno”. En este sistema es válido lo que Euler denomina el principio fundamental de la mecánica, conocido hoy día como ley de inercia y que dice que “todo cuerpo en virtud de su naturaleza, se mantiene en el mismo estado hasta que una causa extraña lo perturba, es decir, o pone al cuerpo en movimiento cuando estaba en reposo o cambia su movimiento” (Euler, 1990, p. 224).

En este principio, permanecer en el mismo estado significa persistir en reposo o conservar un movimiento rectilíneo uniforme. Esta definición de la ley de inercia es adecuada en el contexto de este trabajo, salvo la interpretación del estado de reposo al que hace referencia, el cual como se mencionó anteriormente, se concibe en ambos pensadores en un sentido absoluto, es decir, con relación a un sistema de referencia anclado a un universo concebido de manera rígida.

Este concepto de inercia es de suma importancia, pues a partir de él, Euler no sólo fundamenta los conceptos de espacio y tiempo como verdades necesarias (El espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo. Permanece siempre similar e inmóvil” (Newton, p.33, 1994).) En la mecánica, sino que establece la definición de masa, una de las

magnitudes fundamentales en la física y directamente asociada al concepto de fuerza. De acuerdo con Euler (1990):

La inercia es una cantidad... que es la misma que la cantidad de materia que contiene un cuerpo y puesto que se denomina también a la cantidad de materia su masa, la medida de la inercia será la misma que la medida de su masa (p.129).

Según este planteamiento la masa se encuentra en estrecha relación con el concepto de inercia, pues se asocia a la “dificultad” para producir cambios en el estado de movimiento de un cuerpo, de tal manera que puede considerarse una característica de un objeto que se determina a través de su inercia y que posibilita establecer comparaciones con otros objetos mediante la medición de los cambios de movimiento que experimentan bajo determinada acción. De esta manera, la masa se comprende como una medida que especifica la dificultad para producir cambios en el estado de movimiento de un cuerpo.

Es importante resaltar que el enunciado anterior no pretende dar una definición completamente rigurosa desde el campo de la física del concepto de masa, pues es evidente que algunos términos como dificultad son ambiguos al momento de proponer una definición, sin embargo dicho enunciado es pertinente debido a que determina una posible vía para el trabajo con este concepto.

Una vez establecido el significado de las cantidades físicas velocidad y masa se define el concepto de cantidad de movimiento que también es conocido como momentum y que viene del desarrollo histórico del concepto de ímpetu. De acuerdo con Newton (1994) “La cantidad de movimiento es la medida del mismo, surgida de la velocidad y la cantidad de materia conjuntamente” (p.35). Como puede observarse esta definición es fundamentalmente matemática, pues básicamente expresa que si P , m y v son la cantidad de movimiento, la masa y la velocidad de un objeto respectivamente, entonces “ $p = mv$ ”.

Sin embargo Newton propone una conceptualización física que permite entender el significado de la anterior ecuación. Considera un objeto en movimiento como un conglomerado de pequeñas partículas, cada una de las cuales macroscópicamente tiene la misma velocidad del objeto, de tal manera que el movimiento del todo es la suma del movimiento de sus partes constitutivas y ello se sintetiza matemáticamente en el producto “ mv ”. Así la cantidad de movimiento proporciona una distinción cuantitativa entre objetos de diferentes masas que se mueven a la misma velocidad.

La definición de cantidad de movimiento propuesta por Newton fue esencialmente la adoptada en este contexto, teniendo en cuenta la interpretación inercial de la masa involucrada en el término “ mv ”. Este concepto es de suma importancia en este trabajo, pues es el fundamento para estudiar los fenómenos dinámicos de los cuerpos.

A partir de él se enuncia uno de los principios más importantes de la física, el principio de conservación de la cantidad de movimiento, de acuerdo al cual cuando interactúan varios

objetos en un sistema sin influencias externas (sistema aislado) la cantidad total de movimiento del sistema permanece constante. Si bien es posible realizar un proceso deductivo que conlleve el establecimiento de este principio en sistemas aislados, en el trabajo se asumió la conservación de la cantidad de movimiento a modo de ley, de manera que el esfuerzo no se centra en su construcción física y matemática sino fundamentalmente en el logro de una clara comprensión del mismo.

Dado que la cantidad de movimiento de un cuerpo en un sistema aislado se conserva, surge en forma casi natural la pregunta: ¿Cuáles son las causas que producen la modificación del estado de movimiento de un cuerpo y consecuentemente de la cantidad de movimiento del mismo?, desde la perspectiva de este trabajo se puede decir que son fuerzas, aunque no se va a profundizar en este aspecto, porque no es posible hablar de fuerzas, sin tener en cuenta el intervalo temporal en el cual cambia la cantidad de movimiento de un cuerpo.

B. Anexo: Situaciones del proceso de intervención

B.1 Situación inicial

Situación Inicial	Fecha:
Estudiante:	
Objetivo: identificar los esquemas presentes en los estudiantes, frente a los conceptos relacionados con la cantidad de movimiento.	

1. Un juego tiene como objetivo detener a dos personas, Si los dos participantes a detener, tienen igual “peso”, pero el participante 1 llega el doble de rápido que el otro, se puede decir que:

- A. El participante 1, es más difícil de detener.
- B. El participante 2, es más difícil de detener.
- C. Los dos son igual de difícil de detener.

¿Por qué tu respuesta?:

2. Supongamos el mismo juego anterior, en este caso se presentan en la siguiente tabla, “el peso” y la rapidez con la que llegan los participantes.

Participante	“Peso” Kilos	“Rapidez” m/s
1	100	1
2	50	2

Con los datos anteriores se puede afirmar que:

- A. El participante 1, es más difícil de detener.

B. El participante 2, es más difícil de detener.

C. Los dos son igual de difícil de detener.

¿Por qué tu respuesta?

3. Sigamos con el mismo juego, los valores del “peso” y la rapidez de los participantes se representan en la tabla.

Participante	“Peso” Kilos	“Rapidez” m/s
1	100	1
2	50	4

Con los datos anteriores se puede afirmar que:

A. El participante 1, es más difícil de detener.

B. El participante 2, es más difícil de detener.

C. Los dos son igual de difícil de detener.

¿Por qué tu respuesta?

4. Al observar un agente de tránsito un choque frente a frente, de una moto y una volqueta, se da cuenta que la volqueta sufrió daños más de lo normal, esto le lleva a concluir al agente que:

A. La velocidad que llevaba la volqueta al momento del choque, era considerablemente mayor a la velocidad de la moto.

B. La velocidad que llevaba la moto al momento del choque, era considerablemente mayor a la velocidad de la volqueta.

C. Las velocidades de la moto y la volqueta, al momento del choque son altas, y aproximadamente iguales.

¿Por qué tu respuesta?

5. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición del mismo tamaño, pero las bolas de acero que se cuelgan son de diferente masa y la rapidez con la que llega al momento del impacto también. La

tabla representa los datos de la masa y la rapidez de las bolas de demolición.

Máquina	“masa” Kilos	“Rapidez” m/s
1	5	10
2	10	5

De lo anterior se puede concluir que:

- A. La máquina 1, es más efectiva para derribar el muro.
- B. La máquina 2, es más efectiva para derribar el muro.
- C. las dos máquinas son igual de efectivas para derribar el muro.

¿Por qué tu respuesta?

6. Si las máquinas de péndulo de la empresa anterior, tuvieran la masa y la rapidez como la representa la tabla.

Máquina	“masa” Kilos	“Rapidez” m/s
1	5	30
2	20	5

Se puede concluir que:

- A. La máquina 1, es más efectiva para derribar el muro.
- B. La máquina 2, es más efectiva para derribar el muro.
- C. las dos máquinas son igual de efectivas para derribar el muro.

¿Por qué tu respuesta?

7. Al poner a rodar una bola de billar, sobre una mesa de billar, se puede decir que en su movimiento está:

- A. Cambia tanto su rapidez como su masa.

B. Cambia solo su rapidez.

C. No cambia, ni la masa, ni la rapidez.

¿Por qué tu respuesta?

8. Al soltar una botella llena de agua con un orificio desde la altura de un edificio, en su movimiento de caída está:

A. Cambia tanto su rapidez como su masa.

B. Cambia solo su masa.

C. No cambia, ni la masa, ni la rapidez.

¿Por qué tu respuesta?

B.2 Situación 1

Situación 1	Fecha:	Objetivo: Establecer el concepto de velocidad, como una cantidad vectorial de la relación entre el desplazamiento y el tiempo.			
Grupo	Concepto: Rapidez y velocidad.				
Materiales: Ficha grupo impresa, lapicero, cronometro, metro.		Montaje:			
Descripción de la situación: Se dirige cada uno de los grupos al auditorio de la institución, cada uno de los integrantes del grupo debe correr de un extremo al otro del auditorio, mientras uno de sus compañeros debe calcular los segundos que se demora en recorrer esa distancia, luego se calcula la distancia en metros que hay desde un extremo al otro del auditorio. Con los datos recolectados cada uno de los grupos, regresa al aula laboratorio y responde con la ayuda del docente las preguntas de la ficha. HACER LOS PROCEDIMIENTOS EN LA PARTE DE ATRAS DE LA FICHA.					
Preguntas:		Participante	Distancia	Tiempo	Rapidez
1. Ingrese en la siguiente tabla los datos obtenidos en la realización de la experiencia. La			(metros)	(segundos)	(m/s)

rapidez de cada uno de los compañeros se calcula, encontrando la distancia que recorrería cada uno, en un segundo. (Recuerda el trabajo de proporcionalidad trabajado en el área de matemáticas).

Estudiante	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Rapidez (m/s)
1	3		
2	2		
3	4		

2. De acuerdo con lo anterior, cuando un carro viaja a una rapidez promedio de 40 metros / segundos, es porque recorre en promedio _____ metros en _____ segundos.

3. Responder:

a) Si un niño recorre, 80 metros en 4 segundos, cuánto podría recorrer a la misma rapidez, en 24 segundos. _____

b) Si un joven recorre 5 metros, en 10 segundos, cuánto tiempo se demoraría para recorrer a la misma rapidez 36 metros. _____

4. En una carrera de atletismo se midió la distancia y el tiempo recorrido por 4 participantes; ¿Cual es la rapidez de cada uno de ellos?, ordenar de mayor a menor lo rápido que son los participantes.

A	2	2	
B	8	4	
C	12	4	
D	12	3	

Ordenar: 1____ 2____ 3____ 4____

5. De lo anterior se puede observar que la rapidez es la razón (división) que hay entre _____ y _____.

6. Ahora se necesita hacer una diferencia entre velocidad y rapidez. Supongamos que uno de sus compañero esta en el centro del auditorio, si su rapidez promedio que puede alcanzar es 4m/s. ¿ A cuantos lugares diferentes del auditorio podría llegar con esa rapidez? ¿porque? _____

7. Lo anterior nos debe hacer entender que la velocidad no solo depende de que tan rápido se vaya, sino también de la dirección hacia donde se va. Es decir dos autos no viajan a la misma velocidad, si uno va hacia el norte a una rapidez de 20m/s, y otro hacia el sur a una rapidez de 20m/s. Ahora, si un auto recorre una pista circular, y siempre en su pantalla muestra 55 m/s, ¿Viaja a la misma velocidad? ____¿Viaja a la misma rapidez?¿ Porque? _____

Conclusiones: Después de realizada la situación 1, responder las siguientes preguntas a manera de conclusión, ¿Que se entiende por rapidez? ¿Qué se entiende por velocidad?¿Cuál es la diferencia entre velocidad y rapidez?

B.3 Situación 2

Situación 2	Fecha:	Objetivo: Establecer comparaciones de la masa de diferentes cuerpos a través de una balanza.
Grupo	Concepto: Masa y peso	
Materiales: Balanza de comparación, balanza deslizante del laboratorio, 6 cuerpos de diferente masa (dado, bola de cristal, moneda, tuerca, bola de plastilina, tiza)		Montaje:
Descripción de la situación: Inicialmente tenemos la balanza de comparación, que nos va permitir comparar la masa de los diferentes cuerpos, luego de tener los cuerpos enumerados del mas masivo al menos masivo, utilizamos la balanza deslizante del laboratorio para medir la cantidad de masa en gramos (gr) de cada uno de los cuerpos. Con la ayuda de estos datos responder las preguntas de la ficha.		
<p>Comúnmente se escucha a la gente decir, que su peso es por ejemplo de 68 kilogramos, esto físicamente no es correcto, lo correcto sería decir que su masa es de 68 kilogramos, el peso hace referencia a otra magnitud física.</p> <p>Preguntas:</p> <p>1. Al utilizar la balanza de comparación, ordenar de mayor a menor cada uno de los cuerpos, según su masa. _____, _____, _____, _____, _____.</p> <p>2. Utilizar la balanza deslizante del laboratorio (después de explicado el funcionamiento por</p>		<p>3. Con la balanza de comparación, utiliza la cantidad necesaria de plastilina hasta equilibrar la balanza frente a la bola de cristal. Luego de equilibrarla mida con la ayuda de la otra balanza la cantidad de masa en gramos que hay de plastilina, copia el resultado, _____, si lo comparamos con el valor en gramos de la bola de cristal de la tabla anterior, se puede observar que _____</p> <p>Porque ocurre esto, _____</p> <p>4. Con la cantidad de plastilina del punto anterior, intenta hacer bolitas tan pequeñas como sea posibles, compara de nuevo todas</p>

parte del docente), y calcular la masa en gramos (gr) de cada uno de los cuerpos.		estas bolitas en la balanza de comparación con la bola de cristal, que ocurre _____ Si un cuerpo, se parte en pedacitos, varia su masa, ____.
Cuerpo	Masa (gramos)	
Dado		
Bola de cristal		
Moneda		
Tuerca		
Bola de plastilina		
Tiza		
Conclusiones: Describe a modo de conclusión que aprendiste, a la hora de responder cada una de las preguntas de la guía de trabajo.		

B.4 Situación 3

Situación 3	Fecha:	Objetivo: Identificar las relaciones entre la masa y la rapidez, en la variación de la cantidad de movimiento de un cuerpo..
Grupo	Concepto: Cantidad de movimiento.	
Materiales: Rampas dos alturas diferentes, esferas de cristal de 3 tamaños diferentes, botella de plástico.		Montaje:

Descripción de la situación: Se utilizaran las rampas de diferente altura, y por ellas se tiraran las esferas de cristal, se pondrá al final de la rampa las botellas de plástico, y se establecerán relaciones entre la efectividad para derribar las botellas, con su variación de la altura, y la masa de las esferas.

Preguntas:

1. Ubica una de las esferas en la parte superior de la rampa con menor altura, intenta derribar las botellas, repita el procedimiento con cada una de las esferas. Registra en la siguiente tabla si se obtuvo derribar las botellas.

Esfera	¿Lo derribo?
Grande	
Mediana	
Pequeña	

2. Cambia para la rampa de mayor altura. Y repite la experiencia.

Esfera	¿Lo derribo?
Grande	
Mediana	
Pequeña	

3. ¿Qué relación puedes establecer entre la altura desde la cual se lanza una esfera y la velocidad con la cual llega hasta las botellas?

5. Al lanzar una misma esfera desde la rampa de mayor altura ¿el objetivo de derribar el objeto se dificultó? ¿Se hizo más fácil de conseguir? Explica. _____

6. ¿Con cuales esferas tuviste mayor éxito al tratar de derribar el objeto? ¿Cómo podrías derribar las botellas usando la esfera menos masiva?

7. Acabas de observar que la efectividad para derribar las botellas dependen tanto de la masa como de la rapidez. Para derribar el objeto, cual tiene mayor importancia, la rapidez con la que llega, la masa de las esferas, o ambas por igual.

<p>4. ¿Qué modificación es necesario hacer en la rampa, para aquellas ocasiones en que no se consigue derribar las botellas con determinada esfera?</p>	
<p>Conclusiones: Describe a modo de conclusión que aprendiste, a la hora de responder cada una de las preguntas de la guía de trabajo.</p>	

B.5 Situación 4

Situación 4	Fecha:	Objetivo: Identificar las relaciones proporcionales de la masa, y velocidad, con la cantidad de movimiento y su conservación.
Grupo	Concepto: Cantidad de Movimiento y conservación.	
Materiales: Guía de trabajo en hoja,		Montaje:
<p>Descripción de la situación: En esta situación se va trabajar en el aula de clase, con el docente, y se van a retomar cada uno de los conceptos trabajados en las tres situaciones anteriores, luego se procederá a conceptualizar la cantidad de movimiento de un cuerpo, como el producto de la masa, por la velocidad, se analizaran algunos ejemplos, y por último se analizaran situaciones de variabilidad de la cantidad de movimiento de un cuerpo y sus causas.</p>		
<p>Preguntas:</p> <p>Retomemos la situación anterior donde derribamos una botella de plástico, en esta se evidencio que tanto la velocidad como la masa, están presentes en la efectividad para derribar la botella.</p>		<p>2. Si para derribar la botella llena de agua, se necesita que la cantidad de movimiento sea por lo menos 18. Llenar la tabla con los datos restantes para que la cantidad de movimiento sea esta.</p>

Esa efectividad la podríamos llamar el “poder destructivo”, que en términos físicos es la cantidad de movimiento de un cuerpo, la cual simbolizaremos con la letra p , y que matemáticamente se puede expresar con $P=m*v$.

1. Sabiendo esto calcular la cantidad de movimiento (poder destructivo) para cuando la masa y la velocidad con la que llega la esfera, al momento de derribar las botellas sean:

Velocidad (m/s)	Masa (g)	P
2	3	
3	2	
5	4	
4	5	
6	9	
8	12	

Velocidad (m/s)	Masa (g)	P
6		18
	6	18
18		18
	18	18

3. Se puede decir que la cantidad de movimiento de un cuerpo se conserva, a no ser que una causa externa lo afecte. De cada una de las siguientes situaciones, decir si cambia la cantidad de movimiento, si es afirmativo identificar una posible causa.

- La bola de cristal rodando sobre una mesa.
- una bola de cristal bajando una rampa.
- un carro pasando por una curva en la carretera
- una botella de agua con un orificio en la parte inferior, cayendo desde una ventana de un edificio.

Conclusiones: Describe a modo de conclusión que aprendiste, a la hora de responder las preguntas 2 y 3.

B.6 Situación final

Situación final	Fecha:
Estudiante:	
Objetivo: identificar los esquemas presentes en los estudiantes, frente a los conceptos relacionados con la cantidad de movimiento, después del proceso de intervención.	

1. Una empresa de demolición dispone de dos máquinas para derribar un muro. Ambas máquinas utilizan péndulos de demolición de igual tamaño, pero una de ellas utiliza una bola de acero, y la otra una de madera. ¿Es posible que la máquina de esfera de madera sea más efectiva para derribar el muro?

A. No, siempre va ser más efectiva la máquina de esfera de acero, porque su masa es mayor.

B. Sí, porque la esfera de madera puede llegar con una velocidad considerablemente mayor a la otra.

C. No, porque la velocidad con la que llega la de madera es considerablemente menor, con la que llega la esfera de acero.

¿Por qué tu respuesta?:

2. Un juego tiene como objetivo detener a dos personas que vienen corriendo a lo largo de un corredor, Si uno de los participantes a detener es un gordo que viene a una rapidez 10 m/s y el otro un niño que viene a una rapidez de 30 m/s . ¿Es posible que el gordo sea más difícil de detener?

A. No, siempre va ser más difícil detener el niño porque viene a una velocidad considerablemente mayor.

B. No, porque la masa del niño es menor, por lo que es más fácil de detener.

C. Sí, Aunque su rapidez sea menor que la del niño, su masa puede ser considerablemente mayor, de tal manera que sea más difícil de detener.

¿Por qué tu respuesta?:

3. Una persona desea detener con su mano, a una volqueta y una patineta, si las dos van en movimiento, ¿es posible que le sea más fácil detener a la volqueta?

A. No, independiente de la velocidad con la que vengan la volqueta o la patineta, siempre va ser más difícil detener la volqueta, porque su masa es considerablemente mayor.

B. Sí, porque puede existir la posibilidad de que la patineta venga con una velocidad considerablemente mayor a la volqueta.

C. Sí, porque puede existir la posibilidad de que la masa de la volqueta sea mayor que la patineta, por lo que va ser más fácil de detener.

¿Por qué tu respuesta?:

4. Los motores de los superbarcos suelen apagarse a 20km antes de llegar al puerto, eso tiene sentido:

A. Porque los superbarcos son muy masivos, y es difícil detenerlos con facilidad.

B. Porque los superbarcos solo se pueden detener cuando están en el puerto.

C. Porque van a una alta velocidad, entonces toca empezar a frenarlo desde lejos.

¿Por qué tu respuesta?:

5. ¿Quién tiene mayor cantidad de movimiento (poder destructivo), una volqueta estacionada, o una bola de billar rodando en una mesa?

A. La volqueta porque su masa es considerablemente mayor a la de la bola de billar.

B. La bola de billar porque aunque su masa es menor, tiene una rapidez.

C. La volqueta, porque si la echar a rodar a la mínima velocidad, te va destruir lo que sea.

¿Por qué tu respuesta?:

6. Suponga un niño que está en la parte inferior de un edificio, dos compañeros, uno en el

segundo, y otro en el séptimo piso, desean soltarle objetos en la cabeza. El del segundo piso le desea arrojar una manzana. El del séptimo piso una bola de cristal. ¿Con cuál de los dos proyectiles el niño sentiría un mayor impacto?

- A. Con la manzana, porque es más grande y caería con mayor velocidad.
- B. Con la manzana porque su masa es mayor que la bola de cristal.
- C. Con la bola de cristal, porque aunque su masa es menor, su velocidad con la que caería sería considerablemente mayor.

¿Por qué tu respuesta?:

Bibliografía

- [1] Bachelard, Gaston. (1999), La formación del espíritu científico, Capitulo I, 22^a edición, Siglo XXI editores, Madrid, España.
- [2] Euler, Leonhard (Autor); Minguez Pérez, Carlos (Editor).(1990), Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía, Universidad de Zaragoza. Zaragoza - España.
- [3] Giordan, Andre; Raichvarg, Daniel; Drouin, Jean; Gagliardi, Raúl; Canay, Ana. (1987), Conceptos de Biología I, Capitulo introductorio, Editorial Labor, España.
- [4] Hernández Sampieri, Roberto; Fernández C. Baptista P. (2010). Metodología de la investigación. Quinta edición. MC Graw Hill. México DF.
- [5] Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). Lineamientos curriculares en ciencias naturales y educación ambiental, Bogotá.
- [6] Ministerio de Educación Nacional (MEN).(2004).Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, Bogotá.
- [7] Moreira, Marco Antonio (2002), La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. Publicado en Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias, 7(1).
- [8] Newton, Isaac, sir (Autor); Escohotado, Antonio (Traductor). (1994). Principios matemáticos de la filosofía natural. Altaya, España.
- [9] Parga, Diana; Ibarra, Jorge; Mora William. (2000), Nuevo investiguemos 6, Editorial Voluntad, Bogotá.
- [10] Pedrozo, Julio; Sanabria, Jeemy; Barreto, Claudia; Gómez, Nydia. (2001), Ciencias 6, Prentice Hall, Pearson educación de Colombia, Bogotá.
- [11] Serway, Raymond. (2005). Física I. Editorial Thomson. Sexta edición. México D.C.