

**ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A
TRAVÉS DE HECHOS FENOMENOLÓGICOS:
EL CASO DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS**

MAYRA LIZETH SALAZAR ANDRADE

**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y
EDUCACIÓN AMBIENTAL (3467)**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI**

2014

**ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A
TRAVÉS DE HECHOS FENOMENOLÓGICOS:
EL CASO DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
LICENCIADA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**DIRIGIDO POR:
EDWIN GERMAN GARCÍA. PhD.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI**

2014

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado al Padre Celestial por darme la salud, fortaleza y persistencia de llevar a cabo este logro, gracias a Él, quien puso en mi camino una mamá maravillosa que siempre ha estado apoyándome y dándome todo el amor, respaldo y seguridad para seguir adelante en mis proyectos. Gracias María Duffay Andrade, sin ti, esto no hubiese sido posible.

Este trabajo también se presenta en honor y coautoría de un gran amigo, compañero y colega Daniel Fernando Canovas Osorio, desde el cielo te estarás dando cuenta que este trabajo también es tu logro, el de tus padres Fernando Canovas y Gloria Osorio. A ustedes gracias por haberme dado un colega tan competente y de tan alta calidad humana.

A ustedes nuestros padres, es a quienes se les entrega todo el mérito. Mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre y hermanos por darme todo el apoyo, a toda mi familia, primos y tías, quienes estuvieron pendientes de que alcanzara este gran logro, a Jonnathan Polanco por estar a mi lado brindándome amor, a mis más gratos profesores Edwin Germán García director del presente trabajo, quien siempre estuvo constante en alcanzar la meta; a Robinson Viáfara mi profesor y amigo, gracias por los consejos y palabras de aliento; a mis amigos, Ximena, Mayerly, Héctor, Deisy, Naiz Rivera, Martha Lucía Castillo y Luz Mariela Lara, quienes en diferentes instantes me dieron muchas fuerzas para culminar este proyecto. Agradezco también a los compañeros del programa académico por el ánimo que me transmitieron cada vez que me veían y preguntaban por mi Trabajo de Grado.

En memoria de Johan S. Rojas y Audier U. Salazar, estarán siempre en mi corazón.

A todos gracias. Que Dios los bendiga.

ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A TRAVÉS DE HECHOS FENOMENOLÓGICOS: EL CASO DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS

CONTENIDO

<i>Lista de Tablas</i>	6
<i>Lista de Ilustraciones</i>	6
<i>Resumen</i>	7
<i>Palabras Clave.....</i>	8
<i>Introducción</i>	8
<i>Capítulo 1. La Enseñanza de las Ciencias</i>	11
1.1. Enseñanza tradicional de las ciencias.....	11
1.1.1. Enseñanza tradicional de la física.....	12
1.1.2. El uso tradicional de la historia de la ciencia en la enseñanza de la física.....	15
1.1.3. El uso tradicional del experimento	16
1.1.4. El uso del lenguaje en la enseñanza tradicional de la física.....	16
1.2. <i>La Ciencia como Actividad Cultural</i>	19
1.2.1 Aspectos de la enseñanza desde una perspectiva sociocultural	20
1.2.2. El uso de la historia desde la perspectiva sociocultural.....	23
1.2.2.1 El uso de los hechos fenomenológicos desde la historia de la ciencia	25
1.2.3 El papel de la experimentación desde la perspectiva sociocultural	28
1.2.4 El uso del lenguaje desde la perspectiva sociocultural	29
<i>Capítulo 2. Concepciones del Movimiento por parte de los Estudiantes.....</i>	31
2.1. Puntos Estratégicos De Referencia	31

2.2. Interacción.....	34
2.3. Estado De Movimiento.....	39
2.4. Descripción de la Trayectoria De cuerpos en Movimiento	42
<i>Capítulo 3: Aportes Sobre La Concepción De Movimiento</i>	<i>44</i>
3.1. Análisis Histórico - Contextual del Movimiento	45
3.1.1 Sobre el movimiento en pendular.....	51
3.1.2 Sobre el movimiento en superficies con curvatura.	54
3.1.3 Sobre el movimiento uniforme.	55
3.2. Carácter Relativo del Movimiento	59
3.3. El observador y Puntos estratégicos de Referencia	61
3.4. Interacción.....	63
3.5. Estados de Movimiento.....	65
3.6. Trayectoria del movimiento	66
3.7. Formalización del movimiento	67
<i>Capítulo 4: Elementos Para Una Propuesta De Enseñanza.....</i>	<i>70</i>
4.1 Carácter Relativo del Movimiento	72
4.2. Los Puntos estratégicos de Referencia.....	76
4.3. Interacción.....	82
4.4. Estados del Movimiento.....	88
<i>Conclusiones</i>	<i>92</i>
<i>Anexos</i>	<i>97</i>
Anexo 1. Encuesta diseñada y aplicada en estudiantes de décimo y once.	97
Anexo 2. Soporte original de las encuestas resueltas por los estudiantes.	99
<i>Referencias Bibliográficas</i>	<i>100</i>

Lista de Tablas

Tabla 1. Resultados de los estudiantes en relación a la concepción de puntos de referencia.....	32
Tabla 2. Respuestas de los estudiantes sobre cómo aumentar el trayecto.....	35
Tabla 3. Respuestas de los estudiantes sobre la caída de cuerpos con diferente peso.....	37
Tabla 4. Respuestas de los estudiantes en relación a los estados de movimiento.	40
Tabla 5. Respuestas de los estudiantes según sea la trayectoria recorrida por la piedra.	42
Tabla 6. Situaciones para analizar la percepción del movimiento.	73
Tabla 7. Situaciones sobre movimientos simultáneos en relación al carácter relativo del movimiento.	75
Tabla 8. Situaciones sobre el carácter relativo del movimiento en la tierra.	78

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Péndulo de Galileo.	51
Ilustración 2. Posición final e inicial en un movimiento.	54
Ilustración 3. Galileo; Integración del movimiento sobre curva y el movimiento rectilíneo uniforme.	55
Ilustración 4. Representación del movimiento a través de puntos estratégicos de referencia.....	62
Ilustración 5. Representación del movimiento uniforme a través de segmentos.....	68
Ilustración 6. Representación del movimiento aparente.	69
Ilustración 7. Representación de Galileo sobre el Movimiento Rectilíneo Uniforme.....	69
Ilustración 8. Percepción fases de la luna desde el ecuador terrestre.	79
Ilustración 9. Representación de perihelio y afelio de la tierra respecto al sol.	80
Ilustración 10. Fenómeno de rotación de la tierra: Trayectoria del péndulo de Foucault.	81
Ilustración 11. Empuje de un objeto.....	85
Ilustración 12. Planos inclinados.....	87

Resumen

El presente trabajo se propone con la intencionalidad de brindar elementos para la enseñanza de la física, el caso del movimiento. La necesidad comprende los alcances de la enseñanza tradicional caracterizada por la repetición memorística, el uso de ecuaciones, y los altos niveles de abstracción donde se asume ésta ciencia subsidiaria de las matemáticas y el experimento subsidiario de la teoría.

De lo anterior se origina la preocupación sobre cómo estamos enseñando física y con qué finalidad, pues resulta importante reflexionar el papel de la física como ciencia para comprender y explicar el mundo, el rol del estudiante y la concepción de naturaleza de la ciencia. Por otro lado, las formas por las cuales el docente promueve la construcción de explicaciones a partir del uso de la fenomenología y el diálogo de saberes como medio de argumentación y socialización, refutación y validación de ideas, de tal manera que el estudiante apropie formas de explicar el mundo en la construcción de conocimiento y adquiera una postura crítica ante la sociedad que le permita intervenir como un sujeto social y cultural.

Se hace uso de la historia de la ciencia para brindar elementos con los cuales el docente dirija su práctica hacia el reconocimiento del entorno del estudiante y de sus necesidades, teniendo en cuenta experiencias que le permitan promover la construcción de conocimiento a través de la representación de situaciones del mundo físico, la construcción de modos de pensar y explicar la naturaleza por medio de cuestionamientos, interpretaciones y reflexiones en torno a diversos fenómenos.

La pregunta problema que direcciona el trabajo es:

¿Cómo promover la enseñanza de la física a través de Hechos Fenomenológicos
relacionados con el Movimiento de los cuerpos?

Palabras Clave

Hechos fenomenológicos, experimentación, construcción de explicaciones, conocimiento común y conocimiento científico, papel sociocultural de la ciencia, historia de la ciencia, construcción social de significados.

Introducción

La educación en ciencias reflejada en los diferentes campos disciplinares cuyo propósito es generar la adquisición de conceptos y mecanismos dejando de lado los procesos de apropiación e interiorización del conocimiento en los estudiantes, se limita a la transmisión de conocimientos impidiendo de esta manera que el estudiante adquiriera sentidos sobre todo aquello que aprende.

Una de las preocupaciones corresponde al uso de la historia de la ciencia por parte de algunos docentes y contenida en los libros de texto, la cual se muestra de forma anacrónica enmarcando el desarrollo de la ciencia a partir del desarrollo de leyes, fórmulas y teorías establecidas de forma cronológica consolidadas en ecuaciones matemáticas, experimentos o prácticas de laboratorio que adquieren un carácter netamente comprobatorio y subsidiario de la teoría (Ayala & otros, 2008; García, 2009, 2011). Es así como la ciencia enseñada en el aula termina siendo un cúmulo de teorías y experimentos distantes de la comprensión de los fenómenos o comportamientos de la naturaleza.

Desde esta perspectiva anacrónica se desarticulan los hechos, sucesos y formas de ser explicados, para repetir algunas representaciones del mundo construidas por otros de forma mecánica, asumiendo el supuesto de que la ciencia está fundamentada por la matemática como el único medio para formalizar los fenómenos. Así, el aprendizaje del estudiante consiste en mecanizar procesos a través de ecuaciones y fórmulas que dificultan la

reflexión y la construcción propia de explicaciones, de manera que se caracteriza por ser un sujeto pasivo y aislado ante la construcción de conocimiento en el aula.

Otra preocupación en relación a la educación en ciencias comprende cuáles son las concepciones que se tienen por el docente en relación a la naturaleza de la ciencia, rol del estudiante y el docente, el papel de la experimentación y los objetivos de la enseñanza. Reconstruirlas en el aula comprende la intervención con propuestas educativas alternas, en donde el papel de la historia de la ciencia desde una perspectiva diacrónica, la relación entre el conocimiento común y el conocimiento científico, la experimentación, el lenguaje, los procesos de formalización y el diálogo de saberes representen formas de enriquecer el proceso educativo.

De esta manera, la historia permite dimensionar la ciencia a partir de los problemas, avances y retrocesos que tuvo la actividad científica en la construcción del conocimiento e interpretación del mundo natural para que el docente pueda hacer uso de formas significativas, reconociendo la similitud con las explicaciones dadas por los estudiantes, reconstruyendo el desarrollo de la ciencia en el aula y apropiándose de conocimientos para la participación en el mundo.

En este orden de ideas, llama la atención la enseñanza actual de la física en la cual el maestro se dedica a la transmisión del conocimiento concibiendo al estudiante como un sujeto sin modelos explicativos derivados de las propias percepciones del mundo, para imprimir en él los contenidos teóricos como si se tratase de una mente en blanco. Probablemente, el mismo conocimiento adquirido por los docentes durante su formación son los que actualmente siguen siendo transmitidos a los estudiantes de forma ahistórica y aproblemática (Fernández, 2002).

Pues bien, suponer que lo importante es que los estudiantes mecanicen las formalizaciones dadas del conocimiento sin tener en cuenta que éstas fueron resultado de la construcción derivada de la experimentación y reflexión de fenómenos, implica que la física termine siendo una disciplina de números, fórmulas y razonamientos abstractos, donde el aprendizaje implica dar resultados esperados o correctos. Así, el experimento se asume

como la práctica que determina la veracidad de los cálculos matemáticos y contenidos teóricos, para validar el conocimiento.

En este sentido, el desafío de los docentes parte del reconocimiento de las estructuras teóricas construidas que poseen los estudiantes hacia el direccionamiento del aprendizaje a partir de la apropiación del conocimiento para propiciar la transformación de su entorno como sujetos de intervención sociocultural, político, económico e ideológico. De esta manera, se asume el enfoque socio cultural para diseñar una propuesta en la enseñanza de la física a partir de la reflexión de hechos fenomenológicos, la interpretación de sucesos, construcción de modelos explicativos, cuestionamientos y articulación de variables, retomando el papel de la historia de la ciencia desde una perspectiva diacrónica.

La inclusión de la perspectiva socio cultural permite construir formas de explicación a partir de problemáticas sociales, culturales e ideológicas, donde las dinámicas del entorno social exigen la formación de seres íntegros, críticos, analíticos y propositivos, a partir de la construcción social de significados, a través del diseño, desarrollo de actividades y experiencias educativas que promuevan la construcción del conocimiento a través de procesos de socialización y comunicación. Este enfoque promueve el diálogo de saberes como forma de interactuar con el otro y el entorno a partir de la discusión, confrontación, argumentación y validación de las afirmaciones sobre el mundo.

Aquellos procesos se llevan a cabo a partir del uso de elementos de la historia de la ciencia como medio para recontextualizar situaciones en la construcción del conocimiento, a través de hechos fenomenológicos para explicar el comportamiento de la naturaleza del mundo físico.

En otras palabras, enseñar física considerando las implicaciones desde una perspectiva socio cultural permite que la disciplina no sea ajena a los individuos, sino que el conocimiento se construya de acuerdo a las condiciones culturales y necesidades sociales; de ahí el conocimiento no permea ni se impone a la cultura, sino que éste es construido a través de ella, del entorno, condiciones y estilos de vida donde los elementos que apropia cada individuo en su proceso de aprendizaje son de gran utilidad para el desarrollo de su comunidad y la proposición de ideas en la intervención como sujetos socio culturales.

En este sentido, la enseñanza del movimiento desde la perspectiva socio cultural promueve pensar, cuestionar y explicar los fenómenos del mundo físico próximos a la cotidianidad de los individuos, y acercar a los estudiantes a comprender su entorno a partir de la interacción misma y no concibiendo las expresiones matemáticas como el único medio de formalización en este proceso de aprendizaje.

Capítulo 1. La Enseñanza de las Ciencias

1.1. Enseñanza tradicional de las ciencias

La enseñanza tradicional enmarcada por la transmisión de conocimientos prescindiendo de las capacidades, ideologías y experiencias de los estudiantes, tiene por objetivo la replicación de la información donde el docente lo transmite siendo el poseedor del conocimiento y éste un producto único terminado de la ciencia, verdadero e irrevocable.

Desde ésta visión los resultados en el aprendizaje no se muestran muy eficaces y el estudiante es simplemente un sujeto que debe asimilar el conocimiento de forma pasiva, inestable, acrítica y descontextualizada (Ayala, Malagón, & Romero, 2004 y García, 2009). Regularmente el conocimiento se imprime a través de procesos de repetición memorística, transcripciones del libro de texto al cuaderno de apuntes o dictados. La concepción de ciencia se percibe elaborada y matematizada, de manera que los estudiantes asimilan los contenidos tal cual son presentados por el docente.

De esta manera es posible preguntarse ¿con qué objetivos los estudiantes aprenden ciencia? y ¿cuál es el rol que deben tener nuestros estudiantes en su proceso de aprendizaje?

El proceso de enseñanza y aprendizaje aunque caracterizado por la implementación de algunas actividades que comprenden exposiciones, talleres y trabajos en equipo, en la enseñanza tradicional sigue vigente el modelo conductista que dificulta en el estudiante el aprendizaje, que construya sus propias ideas y utilice sus concepciones teóricas para intervenir en el mundo. De ahí, el docente recurre a la definición conceptual, la

representación matemática de la teoría, la aplicación de fórmulas, asignación de talleres del libro de texto y, por si a caso, la demostración de la ley o teorema con un experimento tipo “receta de cocina”, éste se asume de forma externa a la construcción del conocimiento. Por su parte, el estudiante resuelve el taller, repasa las fórmulas y definiciones, y presenta una evaluación escrita para verificar el nivel de aprendizaje adquirido (García, 2009). Entonces resulta que, el proceso educativo se direcciona a través de metodologías rígidas con el planteamiento de objetivos que promuevan la transmisión del conocimiento mediante definiciones, ecuaciones matemáticas, resolución de ejercicios y repetición de experimentos.

Dadas las circunstancias educativas, la enseñanza tradicional propende un modelo en donde se asume el conocimiento científico sin la posibilidad de ser repensado, analizado y construido por los sujetos que participan en el proceso de aprendizaje, debido a que esta enseñanza habitual reflejada en las aulas transmite una imagen ahistórica de la ciencia, ocasiona desinterés en los estudiantes por su aprendizaje (Solves & Traver, 2001). Lo anterior quiere decir que, si seguimos promoviendo esta forma de enseñar, se perderá todo el sentido del aprendizaje, aquel a través del cual los estudiantes puedan pensar su mundo e intervenir en él, si ello no se tiene en cuenta, la educación estará siendo marginada por los parámetros de la repetición y memorización, asumiendo el conocimiento como una acumulación de contenidos. De ahí que, sea indispensable replantear las formas heredadas de la enseñanza hacia el diseño de propuestas alternas que respondan a preguntas ¿qué?, ¿cómo?, ¿por qué? y ¿para qué? enseñar ciencia.

1.1.1. Enseñanza tradicional de la física

La enseñanza usual de la física se caracteriza por la ejemplificación de conceptos en situaciones aisladas, el manejo de variables estrictamente controladas, en ocasiones desestimadas, y la resolución de preguntas problema a partir de la aplicación de formulas a los ejercicios planteados. Dados los razonamientos que tuvieron que llevarse a cabo históricamente para construir los enunciados que explican el mundo, en el aula sólo se abordan los resultados finales como una representación de un supuesto “verdadero”

conocimiento que deben asimilar los estudiantes, perdiendo el sentido de la física como ciencia que permite pensar el mundo a través de procesos de razonamiento. Así mismo, es caracterizada por estructuras de formalismos matemáticos y abstractos de sus conceptos, basados en modelos explicativos contruidos a partir de leyes y teorías derivadas de la historia de la ciencia.

Por su parte, el docente regularmente no tiene en cuenta cómo conciben los estudiantes su mundo natural para promover actividades de aprendizaje que integren el conocimiento común con el conocimiento científico en la construcción de explicaciones; de ahí que, la sistematización del conocimiento en horas de clase donde el maestro presenta por lo general de forma somera la justificación matemática de principios o leyes establecidas del movimiento rectilíneo uniforme, y que de acuerdo con el contenido curricular se aborda el conocimiento por temáticas en un orden establecido, el docente no tiene libertad para articular libremente el proceso de aprendizaje a un modelo de enseñanza que se ajuste a las necesidades sociales y culturales, por tanto, se termina enseñando física según su calidad abstracta y rigurosa. Es así como, esta enseñanza limitada a la apropiación de ideas, fórmulas y teorías conlleva a un aprendizaje de contenidos distanciándose del carácter práctico, cotidiano y fenomenológico del contexto en el que se desenvuelven los estudiantes.

El ser humano construye su propia idea del mundo, atribuye significados a las percepciones y a las experiencias obtenidas a través de los sentidos en interacción con el entorno, se construyen estructuras conceptuales y experimentales propias generando una idea del mundo físico. Estas concepciones son elaboradas según las experiencias de cada individuo, explican fenómenos y situaciones diversas. Así pues, la enseñanza tradicional no reconoce las ideas y necesidades con las que llega el estudiante al aula, de manera que, el conocimiento común resulta ser un impedimento para la adquisición de un “*verdadero conocimiento*”, en palabras de Arcà, Guidoni, & Mazzoli (1990) existe una discontinuidad radical entre el denominado conocimiento común de los estudiantes, y el conocimiento científico, y éste “*verdadero conocimiento*” se constituye en universos particulares con lenguajes específicos, que para ser alcanzado deben superarse muros y obstáculos epistemológicos.

Así pues, en la enseñanza de la física se recurre a prescindir del proceso de construcción del conocimiento, pretendiendo que los estudiantes memoricen las fórmulas matemáticas sin cuestionar y explicar qué es lo que éstas expresan (Fumagalli, 2001), reforzando de esta manera, la apatía frente a su aprendizaje y limitando el desarrollo de las formas de pensar y de hacer ciencia hacia la comprensión de comportamientos físicos.

Desde este modelo de enseñanza, la física del movimiento pierde la riqueza de la fenomenología y las intencionalidades dirigidas por comprender los comportamientos de los objetos del mundo físico-natural, de manera que las teorías formalizadas de la mecánica clásica por Isaac Newton son utilizadas como únicas representaciones o formas de explicar los hechos.

Estas expresiones matemáticas son utilizadas en el aula con la intencionalidad de caracterizar situaciones del movimiento las cuales son regularmente planteadas en los libros de texto y el docente en condiciones ideales, es decir que lejos de ser formas de comprender el entorno próximo, se aíslan despreciando algunas relaciones físicas como rozamiento, efectos de la gravedad, y otras interacciones, dando como resultado que los estudiantes se restrinjan a mecanizar procesos a través de las formulas matemáticas establecidas.

De hecho, desde este modelo el concepto de velocidad uniforme y movimiento uniformemente acelerado es condicionado por el estudiante y enseñado por el docente como una definición establecida de acuerdo al cálculo que se realiza de la velocidad según el tiempo y la distancia en instantes de tiempos dados, por cierto, no se relaciona la proporcionalidad de dichos intervalos para caracterizar el movimiento a velocidad uniforme.

Ello, genera formas distorsionadas del movimiento donde se conciben los cálculos matemáticos como la única forma y absoluta de definirlo, así mismo, el experimento es realizado para la comprobación de estos cálculos y la verificación de la teoría. Por su parte, esta concepción de movimiento termina siendo explicada como el desplazamiento de un cuerpo de un lugar a otro descrito por una fórmula matemática.

1.1.2. El uso tradicional de la historia de la ciencia en la enseñanza de la física

Al leer con detalle algunos libros de texto se encuentra una estructura cronológica y organizada de los contenidos temáticos en torno a las fechas y épocas en las cuales se hicieron aportes hacia el planteamiento de una determinada teoría. Los textos incorporan la Historia de la Ciencia a través de narraciones, hazañas, descubrimientos, apartes de la vida y obra del científico caracterizando el conocimiento como objetivo, universal y resultado de la investigación científica. De manera que, el orden y los anteriores aspectos son tenidos en cuenta regularmente por el docente en la programación curricular de la asignatura.

Incluso, el uso tradicional de la historia de la ciencia permite concebir la ciencia como una acumulación interminable de conocimientos, formalizada por el lenguaje de la matemática y comprobada al cabo determinados experimentos científicos. Sin reconocer que ésta se construye como proceso de acuerdo a las vivencias personales y grupales en condiciones sociales y culturales específicas.

Dadas estas características, se pierde el sentido del contexto social, político, económico y religioso en el que se construye el conocimiento, desconociendo que “la actividad científica está determinada por debates, polémicas, necesidades personales e intereses sociales” (García, 2009), pues se considera como una elaboración individual y exclusiva del científico, en donde finalmente, las teorías, leyes o principios se hacen universales e independientes de quienes las producen. Así por ejemplo, se le atribuye a Isaac Newton las ideas en torno al fundamento de la mecánica clásica, excluyendo los grandes aportes de Galileo para el movimiento rectilíneo uniforme y las relaciones de proporcionalidad, también de Einstein con su trabajo sobre interacción para el movimiento, y el aporte de otros científicos que intervinieron en este proceso.

Así, la imagen de ciencia se concibe como una constelación de hechos y métodos que no corresponden a las preocupaciones que impulsaron el desarrollo del conocimiento científico. Por tanto, se hace difusa la identificación de los intereses que fundamentaron de fondo la comprensión de fenómenos dados y comportamientos de la naturaleza.

1.1.3. El uso tradicional del experimento

En una de las concepciones transmitidas en los libros de texto sobre la actividad científica prevalecen formas de proceder a través de la ilustración del método científico como técnica de manipulación utilizada en la reunión de datos e interpretaciones teóricas (Kuhn, 1985). La concepción positivista heredada sobre la práctica científica es un paso a paso cuyos resultados deben ser arrojados según la predicción de la teoría, de lo contrario se concluye que, el experimento está mal diseñado o las medidas son incorrectas. Por su parte, los libros de texto se caracterizan por presentar una historia que relata y registra teorías y métodos a través de los cuales se obtienen buenos resultados.

La intervención de los positivistas en el siglo XIX propuso la experimentación de carácter inductivo y verificacionista como un elemento que comprueba, falsea y dirime teorías enfrentadas, en lugar de enriquecerlas y dimensionarlas (García, 2011). En el marco del método científico, la experimentación representa la última fase del desarrollo del conocimiento, por tanto éste no es diseñado previamente a la necesidad de explicar sucesos, sino que se plantea en la demostración de un postulado teórico, siendo subsidiario de la teoría.

1.1.4. El uso del lenguaje en la enseñanza tradicional de la física

La experiencia diaria regularmente determina el lenguaje que el individuo usa para explicar un fenómeno, sin embargo en clases de física encontramos que éste es supremamente formal, riguroso y con un alto nivel de abstracción que, aunque también representa la impronta realidad es derivado de múltiples experiencias reelaboradas de la construcción de redes conceptuales coherentes y complejas a través del desarrollo histórico de la ciencia.

Un problema para alcanzar el aprendizaje ocurre cuando se disgregan las explicaciones por el uso de distintos lenguajes derivados de experiencias distintas, algunas del diario vivir del estudiante y otras de la expresión formal de la ciencia, dada esta circunstancia se desestima lo que el estudiante conoce para la interrelación de formas de entender e integrar los distintos lenguajes (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990).

Por su parte, los estudiantes expresan sus conocimientos a través de un lenguaje poco formal derivado de experiencias diversas que le ha permitido vivir en la sociedad, sin embargo, el uso de este lenguaje adjudica fundamentaciones teóricas inestables a conceptos e ideas, pues las redes conceptuales con las cuales explican el mundo fracasan al intentar comprender nuevas situaciones en el aula. Este abismo que se presenta, generalmente impide que el estudiante relacione lo que ha aprendido en su cotidianidad con aquello que se enseña en el aula.

La matemática se concibe en el aula como el único medio para explicar los sucesos de la naturaleza, trascendiendo inevitablemente a los procesos mecanicistas y repetitivos, caracterizada por atribuir a los conceptos relaciones de proporcionalidad y expresiones algebraicas; sin embargo, dada la incomprensión que se genera en el estudiante no se garantiza en ninguna medida que éste logre construir un marco teórico propio y explicar a través de un lenguaje formal derivado de sus vivencias los hechos fenomenológicos.

Así, el problema de la enseñanza de la física radica en que los procesos de formalización de fenómenos es uno de los factores de mayor incidencia en el fracaso académico de los estudiantes. Las dificultades académicas se suman al uso de las matemáticas que hace el profesor de física, en ellas la formalización de fenómenos se confunde con la mera aplicación de fórmulas y algoritmos matemáticos para enseñar conceptos y teorías físicas, bajo el supuesto de que, mientras más abstractas sean las fórmulas y algoritmos utilizados, más formal es la teoría física en consideración (M.M., Ayala & y otros, 2008).

Se ha reconocido una notable relación no natural entre la física y la matemática, pues es posible identificar que los objetos de estudio de ambas disciplinas son totalmente distintos (Ayala & otros, 2008), e intentan resolver problemas diferentes, por su parte, la física como la ciencia de la naturaleza, de la experiencia y de lo concreto hacia la explicación de fenómenos naturales del mundo; la matemática como la disciplina con la cual el hombre representa su mundo a través del uso de algoritmos y expresiones, en torno a la noción de teoría y de abstracción de las ideas.

Entonces, ¿por qué sucede que la matemática se utiliza como el único lenguaje para enseñar física?, y ¿porqué la física se ha vuelto subsidiaria de los formalismos y expresiones matemáticas?

En un artículo se menciona que “Los modelos y representaciones (formalizaciones) a la vez modelan y representan con el lenguaje algunos rasgos de nuestras *formas de razonar*, de nuestra imágenes y experiencias, son modelos y representaciones de aquello elaboramos y consideramos del mundo...” (Ayala y otros, 2008), se fundamenta que no es necesaria la matematización para formalizar los procesos de razonamiento en el aula pues formalizar más que la utilización de una formula en un concepto o teoría es un proceso cognoscitivo a través del cual se da forma a los propios modos de reconocer y explicar el mundo.

Por lo tanto, realizar procesos de formalización en el aula desde este enfoque desliga el ineludible uso de ecuaciones previas al razonamiento de los hechos, promoviendo a partir de ahí los procesos de estructuración lógicos.

De hecho, una gran variedad de estudios históricos - epistemológicos muestran que no existe una única vía de estructuración cuando se aborda el estudio de los fenómenos físicos, pues las diferentes formas corresponden a modos particulares de concebir y abordar el mundo físico. Pues, no se trata de que la matemática esté distante de la física, absolutamente no! Sino que se deben reestructurar los usos que actualmente se le otorgan y la física deje de ser subsidiaria de la matemática, como se concibe regularmente en las aulas de clase.

Si ello adquiere valor en el aula, entonces es importante pensar ¿cómo delimitar el uso de la matemática en la enseñanza de la física?

Pero, entonces ¿formalizar ideas es lo mismo que matematizarlas?

En este sentido, el proceso de formalizar requiere del uso de un lenguaje común y un lenguaje técnico o científico que permita expresar las relaciones estructurales cognitivas, en el caso de la física, algunas veces a través de la matemática como disciplina. Sin embargo, matematizar una idea es hacer una trasposición de conceptos a magnitudes físicas, para resolver ejercicios de forma mecánica de acuerdo con las relaciones establecidas, pues

reflexionando sobre ello “...regularmente se adoptan modelos matemáticos para efectuar cálculos y operaciones que respondan a la aplicación de dichos conceptos en la solución de problemáticas, cuyo resultado, puede ser, una falta de comprensión tanto del concepto físico, como del modelo matemático, de tal forma que no se llega a la elaboración de una visión del mundo físico, y se genera una distancia entre la teoría y el campo fenoménico al que se refiere...” (Ayala y otros, 2008). Así pues, el lenguaje formal se aprende dentro de un contexto *fáctico* (basado en hechos), en estrecha conexión con los hechos del entorno social (Caycedo, 2013).

De lo anterior, radica la importancia de un docente que integre y establezca diálogos consensuados entre el conocimiento común y el conocimiento científico de tal forma que el aprendizaje se caracterice significativo y representativo en un contexto determinado.

1.2. La Ciencia como Actividad Cultural

Desde la perspectiva sociocultural la ciencia es concebida como un proceso colectivo construido por grupos humanos, aísla su carácter individualista como producto de manera que promueve procesos de ordenamiento del mundo que les rodea para ser comprendido a partir de las implicaciones sociales, políticas, económicas, ideológicas y culturales.

La actividad científica depende indispensablemente del contexto cultural, de la condición histórica de la sociedad, sus problemas y necesidades como factores que direccionan el desarrollo del trabajo científico. La actividad científica se caracteriza por avances, retrocesos, casualidades, transformaciones de supuestos y explicaciones, no se construye por un individuo aislado considerado como portador de la ciencia, pues aunque éste persiga un interés importante (Fleck, 1986) el conocimiento se construye y valida por grupos humanos. Ésta distante de ser un único método práctico para conocer la naturaleza, plantea alternativas de investigación según las demandas sociales y culturales (García, 2009).

En este sentido, la perspectiva socio cultural del conocimiento permite reconocer la actividad científica dentro de un contexto social de producción y validación, caracterizada por la experimentación como forma de reconocer y comprender los fenómenos físicos. Por tanto, las verdades resultan no ser universales sino que dependen de quienes la construyen, socializan y validan. El método científico por su parte, varía dependiendo del objeto de

investigación, de la realidad que pretende ser estudiada y de las necesidades de quienes intervienen en ella, no existe un método rígido, estructurado y único para estudiar la naturaleza, por tanto, el conocimiento que se construye es diverso de acuerdo con las problemáticas y las dinámicas culturales. Así lo plantea M.M. Ayala y G. Guerrero (2004) donde: *“la ciencia, más que una colección de saberes con carácter de verdad absoluta, es una actividad realizada por un grupo humano que se ha venido diferenciando y conformando históricamente como tal mediante la construcción de formas especiales de ver, de argumentar, de dar validez a las afirmaciones sobre el mundo y con ello, de actuar en él”*.

1.2.1 Aspectos de la enseñanza desde una perspectiva sociocultural

La ciencia concebida desde la socioculturalidad, permite proponer alternativas de enseñanza transformando la idea que se tiene de naturaleza de la ciencia, de la actividad científica, función del docente y papel del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje en torno a la construcción del conocimiento.

La perspectiva socio cultural permite conocer que, el conocimiento en el aula es también una construcción social, y debe darse teniendo en cuenta los aspectos políticos, económicos, ideológicos y culturales, pues, no se trata de transmitir el conocimiento científico al aula, sino que éste debe ser permeado por la cultura y el conocimiento cultural propio, ello significa que, nada se puede transferir a una cultura sin que sea transformado por ella (Ayala & otros, 2004). En este sentido, no existe una forma única y verdadera de enseñar la ciencia, se desarrolla a través de diversos métodos determinados por las dinámicas culturales para promover el aprendizaje, las necesidades e intereses sociales.

A través de esta perspectiva el docente se asume como un sujeto cognoscente que media entre el conocimiento común del estudiante y el conocimiento científico, de tal forma que se adquiera importancia cultural y social para la intervención de personas críticas y decisivas. El docente es un agente social que reflexiona sobre su propia práctica para transformar los procesos de enseñanza (García, 2011). Este tipo de docente posibilita que el proceso de enseñanza y aprendizaje se dé por una parte, interrelacionando las ideas del conocimiento científico con las estructuras conceptuales de los estudiantes y guíen el

aprendizaje de acuerdo a las necesidades del entorno social de manera que, adquiera significado para cada uno de ellos y por lo tanto para la sociedad; por otra parte, el conocimiento se construye en el aula teniendo claros los objetivos en pro del desarrollo social, con la formación de un estudiante que pueda intervenir en la sociedad de forma divergente; enmarcando así el proceso por actividades propositivas en el aula que implican la participación activa del estudiante en su propio aprendizaje.

Es así como, los conocimientos contruidos por el estudiante son representados por saberes empíricos y teóricos a través de redes estructurales conceptuales que le han permitido sobrevivir en la sociedad, por ejemplo, un individuo común y corriente sabe cómo responder adecuadamente a diversas situaciones relativas a condiciones de equilibrio y movimiento entre cuerpos (Ayala, 2004). Así, éstas concepciones contruidas de la observación como el hecho del ver formativo, la reflexión, deducción e intervención en contextos diversos, permiten desarrollar comportamientos y formas de explicación a través de modelos que representan su realidad (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990), entendidos a través de un lenguaje que, les permite decir mediante esquemas de comunicación como la palabra, el dibujo, la acción y la experimentación los diferentes puntos de vista que poseen ante un hecho en particular, de acuerdo con Rivero y otros (s.f.) “el hombre necesita explicarse el entorno de forma cualitativa, utilizando para ello el segundo sistema de señales, es decir la palabra”.

Desde este punto de vista, es preciso conocer las problemáticas que rodean a los niños posibilitando la educación en función de construir modos de observar la realidad y modos de pensar, hablar y hacer para relacionarse con ella dado que, viven inmersos en un mundo que, funciona con necesidades y situaciones diferentes a las que se enseñan tradicionalmente en el aula.

Los fenómenos de la naturaleza tienden a ser explicados a partir de los sentidos de acuerdo con los significados que representan en la cotidianidad del estudiante, este universo de significados comprende una estructura de inmensa complejidad, que puede incursionarse en situaciones diversas de confrontación conceptual, para poner a prueba su capacidad y sostenibilidad (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990, pp. 26). En palabras de García (2011):

“el estudiante posee formas explicativas de la realidad que deben ser tenidas en cuenta en la apropiación de nuevos conocimientos, pues el conocimiento no es una copia de la realidad sino una construcción de ella”.

En este sentido, ¿cómo intervenir en la enseñanza de la ciencia de manera que se reconozca el estudiante como un sujeto cultural?

La enseñanza de la física más que ser un entramado de redes leídas desde el lenguaje de la matemática, permite interactuar de forma dinámica y comprensible con los fenómenos naturales. En palabras de Arcà, Guidoni, & Mazzoli (1990):

Una vez más, lo que importa no es dar la sensación de resolver “definitivamente” unos problemas, o dar las respuestas “justas”, sino construir una red de ideas, que a través de toda la escuela básica, esté en condiciones de desarrollar un verdadero modo de ver el mundo, e interpretarlo basándose en las estructuras de relación que se establecen entre individuos vivientes.

De lo anterior se entiende que, independientemente de crear una única forma de responder a las necesidades y cuestionamientos del mundo, lo más importante es promover en el aula formas de pensar respecto a modos de explicar el mundo a partir de diferentes puntos de vista pero coherentes en sí mismos, que permitan a través de toda la escuela fortalecer estructuras conceptuales propias y que le permitan al individuo desenvolverse en situaciones diversas.

Entonces cabe preguntarnos ¿qué concepción existe en los docentes respecto a la enseñanza de la ciencia? De hecho, repensar el papel del docente implica redimensionar el proceso educativo que, lejos de ser una actividad en el aula de transmisión conceptual, representa una actividad de construcción de conocimiento a partir de la integración del lenguaje, explicaciones, experiencias, fenómenos y teorías cognitivas adquiridas del entorno social y cotidiano, en relación al conocimiento científico. Desde este punto de vista, ¿cómo sugerir a los docentes enseñar desde una perspectiva sociocultural?

Cuando el papel del docente se asume como mediador entre el conocimiento común y científico se enmarcan las concepciones de ciencia, el rol que ésta asume dentro de la sociedad y el aula, las estructuras metodológicas y los objetivos de las actividades educativas, en torno al desempeño del estudiante como individuo que construye conocimiento en colectivo (Fernández y otros, 2002). Son ejes indispensables que permiten que el estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje se incorpore a la construcción del conocimiento en contexto en relación a las necesidades, cuestione situaciones, explique procesos, relacione condiciones y variables.

El interés por mejorar las condiciones anteriormente mencionadas, proponen como reto redireccionar la educación hacia una perspectiva en la cual el estudiante sea activo, participe y crítico de su aprendizaje, donde el conocimiento científico es el medio para formar personas que reflexionen su entorno social, fenoménico, cultural e ideológico; interpreten, cuestionen y propongan soluciones dentro de la comunidad, interactúen con otras personas y hechos de la vida cotidiana con el objetivo de vivir en el mundo (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990), en palabras de García e Izquierdo (2011) “si la ciencia se considera como una actividad humana entonces los contenidos cambian y se hacen más dinámicos”.

1.2.2. El uso de la historia desde la perspectiva sociocultural

Un aspecto que consideramos supremamente importante es el papel que se atribuye a la historia de la ciencia en su enseñanza desde la perspectiva socio cultural. Es posible reconocer su importancia como una perspectiva que potencializa el desarrollo de reflexiones y propuestas para alcanzar objetivos en búsqueda de mejoras en el aprendizaje.

Por una parte, permite identificar los obstáculos de los alumnos en el aprendizaje en relación con las dificultades expresadas por la actividad científica en la construcción del conocimiento, con la finalidad de promover diseño de actividades y experiencias educativas que correspondan a esta necesidad.

La historia de la ciencia se transforma en un elemento indispensable a través del cual el docente selecciona y organiza hechos históricos en la construcción del conocimiento científico, para diseñar actividades que aproximen al estudiante a la acción de pensar su

mundo natural e intervenir en él, en palabras de Fabián Hoyos (2001) “retomar la evolución del pensamiento científico ayuda eficazmente a falsear la idea según la cual la física es una ciencia definitivamente elaborada y como de hecho es, una estructura intelectual en perpetua construcción”

Desde el enfoque diacrónico de la historia de la ciencia (Chamizo, 2005) es posible incursionar el desarrollo propio del conocimiento en el sujeto, a partir del cuestionamiento de las ideas, aportes y herramientas que brinda el pasado a través del contexto que lo caracteriza. Esta historia se encarga de humanizar las disciplinas abstractas y formales, para ampliar los intereses de los estudiantes introduciendo los problemas sociales y culturales (Solves & Traver, 2001), y lograr darle un sentido cultural a las enseñanzas científicas para atender mejor las exigencias educativas (García & Izquierdo, 2011).

En efecto, no es suficiente validar en el aula una historia cuyo objetivo es que los estudiantes comprendan el paradigma sobre el cual se constituyeron los modelos explicativos del conocimiento. Lo importante es que la historia de la ciencia permita atravesar procesos explicativos en el aula con el análisis de hechos fenomenológicos similares a los que en su momento fueron el punto de partida para reconsiderar, fundamentar, refutar o profundizar el conocimiento sobre el mundo físico, pues no se trata de estudiar el pasado a la luz del presente, sino de estudiar el pasado en las condiciones que existían en él, y así direccionar los elementos que fueron importantes en la explicación de fenómenos del pasado, para comprender los fenómenos del presente.

La HC permite responder a la necesidad de erradicar la imagen estereotipada de la ciencia y del trabajo científico, posibilita dar un paso acerca la ciencia con el carácter de ser pensada, reformulada, cuestionada, y seleccionada según las necesidades del contexto, no como un producto del quehacer científico sino como un proceso de construcción. Se resalta una historia que permita ver el desarrollo de la ciencia como un actividad humana con la necesidad de buscar respuestas y explicaciones de forma diversa, fundamentada, coherente, y direccionada a la comprensión de la naturaleza y el entorno.

La historia de la ciencia en la enseñanza apunta a la consideración de nuevos sentidos en torno a ideas, avances, preocupaciones y problemas de la época, de tal forma que pueda

promover la recontextualización de las formas explicativas a través actividades que brinden elementos para mejorar el estado de sus ideas hacia la resolución de situaciones de la vida cotidiana, de tal manera que, luego puedan explicitarse y orientarse en diversas circunstancias (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990).

De modo análogo, la historia posibilita permear la visión elaborada y terminada de la ciencia en teorías y leyes científicas, hacia la visión de comprender su desarrollo a través del estudio del mundo natural a partir de comportamientos, fenomenologías, hechos y sucesos, lo cual permita acercarse al entorno y explicarlo para vivir en él y en los cambios que presente. Es decir que, es posible desarrollar formas de pensar de acuerdo a las circunstancias y dificultades del pasado, proporcionando elementos para la apropiación de situaciones del mundo actual, y de esta manera, la HC se convierte en un elemento fundamental para la reflexión y formas de pensar, describir, comprender e interpretar el movimiento en fenómenos físicos a través procesos de socialización.

La HC desde el enfoque socio cultural permite hacer uso de los textos originales de la ciencia como una fuente valiosa para comprender que los conocimientos científicos fueron decantados desde la génesis de sus paradigmas atravesando procesos de desarrollo y adquiriendo nuevos significados que, distantes de presentarse de forma acabada tal como lo hacen los actuales libros de texto, permiten pensar explicaciones diferentes sobre cómo se fundamenta y se estructura el conocimiento (García, 2009).

1.2.2.1 El uso de los hechos fenomenológicos desde la historia de la ciencia

La observación concienzuda resulta ser la fuente primaria de datos sobre un hecho determinado, éste como dato de la experiencia distinto de las conclusiones (Carr, 1978), muestra que la historia antes de arrojar contenidos teóricos acabados y universales a través de descubrimientos e inventos individuales, es una historia en la que predominan los hechos de la naturaleza como sucesos del mundo físico.

Los hechos fenomenológicos son sucesos dados por la experiencia en interacción con el entorno, poco comprendidos. La ciencia en su desarrollo histórico siempre se ha cargado de hechos que, siendo más que datos, construyen el conocimiento y promueven la interpretación de fenómenos. En palabras de E. Carr (1978): “*cerciórense primero de los*

datos, y luego podrán aventurarse por su cuenta y riesgo en las arenas movedizas de la interpretación”, por supuesto la interpretación de hechos, los cuales son datos ordenados, con causas explicativas diversas, podrán ser analizados según el entorno y las necesidades de quien los utiliza. Carr invita a dejar el temor por leer críticamente los hechos de la historia de la ciencia, pues aunque éstos no cambian, las explicaciones y opiniones derivadas de éstos son totalmente libres e independientes. Por tanto, los hechos están ahí, y sólo hablan cuando historiador apela a ellos siendo necesariamente selectivo, pues él es quien decide cuáles son importantes para sus objetivos, en qué orden y contexto hacerlo.

Los hechos fenomenológicos derivados de la historia han servido como datos organizados para los científicos de la época en la construcción de conocimiento, éstos aparecen registrados en algunos textos originales y documentos, como muestra histórica de las diversas interpretaciones y análisis realizados. Los hechos inciden directamente en las impresiones sensoriales del observador, sin embargo, inicialmente son independientes de su conciencia e interpretación, pues están ahí en la naturaleza, para posteriormente ser manipulados por los individuos en el estudio de los comportamientos del entorno natural.

El hecho entonces comprende una situación de la naturaleza que representa un fenómeno y que necesita ser estudiado, analizado e interpretado, a partir de ahí desarrollar estructuras conceptuales teóricas, validar ante otro tipo de variables y hechos para formalizar conocimientos. La importancia del uso de hechos fenomenológicos derivados de la historia de la ciencia brinda elementos para promover actividades en el aula que posibiliten la intervención del estudiante de forma crítica y reflexiva ante las situaciones físicas establecidas. Ahora bien:

¿Porque el Docente debe acudir al uso de los Hechos Fenomenológicos?

Referirse al conocimiento como producto de la historia de la ciencia implica un carácter de receptividad pasiva por parte del docente, por tanto ello promueve la falta de interpretación de los hechos para ser transmitidos tal cual son recibidos a los estudiantes, y la exclusión de procesos de aprendizaje derivados de la reflexión y la experimentación con el entorno para intervenir en él.

Pues bien, si el docente considera la historia como un depósito de anécdotas y sucesos cronológicos que conlleva a la interminable acumulación de hechos rigurosos como fundamento del conocimiento; en donde cada hecho, fenómeno o experiencia es suficiente para explicar el mundo a través de un conocimiento de forma generalizada y única, se concibe una representación anacrónica de la ciencia (Kuhn, 1985), y por lo tanto, su enseñanza en las aulas de clase será bajo este mismo supuesto.

Si la enseñanza ocurre desde este punto de vista, entonces resulta importante que el docente asuma un papel en el que la ciencia adquiera sentido en la vida de los estudiantes y sea significativa, variable y permita construir diversas formas explicativas, de manera que se aproximen algunos elementos históricos por él seleccionados como fuentes importantes del saber para que el estudiante cuestione y construya sus propias ideas bajo redes conceptuales estructurales que le permitan tomar decisiones en diferentes campos de aplicación de la vida diaria.

De ahí que, se conciba la ciencia desde la perspectiva socio cultural como una actividad desarrollada por un grupo humano organizado con la necesidad de representar formas de ver y explicar la naturaleza a través de procesos de argumentación, interpretación y validación de hechos fenomenológicos para asociar comportamientos y construir redes explicativas en la comprensión del mundo (García, 2011). De esta manera, los hechos permiten acercarse al entorno de forma razonable y crítica, realizando experiencias ordenadas, premeditadas y objetivas sobre estos mismos hechos para desarrollar explicaciones coherentes. Así pues, los hechos pueden ser utilizados en el aula de forma que el estudiante intervenga en el proceso de comprensión y construcción de conocimiento acudiendo a sus experiencias propias e interrelacionándolas con aquellas que presenta el docente y afrontarse a diversas situaciones en la resolución de problemas.

En este sentido, los aspectos sociales y culturales determinan las necesidades y condiciones de las personas que intervienen en este proceso de aprendizaje en la construcción de conocimiento, pues desde esta perspectiva el docente selecciona los hechos de la historia de la ciencia a medida que son necesarios para diseñar actividades en el aula y promover en definitiva el desarrollo del pensamiento en cada estudiante y la formación de personas para

la vida, pues no se trata de recoger datos con los hechos y experiencias sino de valorarlos, interpretarlos, llevarlos a la vida diaria.

1.2.3 El papel de la experimentación desde la perspectiva sociocultural

El aprendizaje utilizado para estudiar la naturaleza depende de cuáles resultan ser las intencionalidades del sujeto al acercarse al mundo e interactuar con él, pues de acuerdo a esta necesidad, es posible favorecer a través de la práctica científica formas de pensamiento y de reflexión hacia el conocimiento cuando existe la necesidad de llenar de sentido explicaciones y fenómenos.

¿Es posible propiciar una reflexión sobre la enseñanza donde no se privilegien teorías sino los fenómenos mismos? (Ayala, Malagón, & Romero, 2004)

Si recurrimos a la historia de forma reflexiva y diacrónica, encontramos que el experimento permitió representar el mundo y desarrollar construcciones teóricas diversas. El trabajo de Aristóteles, Galileo, Newton o Einstein fue diferente acerca del movimiento, sus observaciones, diseños experimentales, manejo de variables e identificación de elementos físicos permitieron construir formas de percibir el comportamiento de los cuerpos. Algunas explicaciones del mundo dependían de los cuestionamientos que se realizaran a los fenómenos percibidos.

De ahí que, la importancia de la historia de la ciencia no es que los estudiantes repitan los mismos procesos que llevaron a cabo los científicos en los descubrimientos, sino que, se convierta en un eje articulador del aprendizaje, no sólo enfocado a la construcción de aparatos, montajes o máquinas, sino la recreación de fenómenos, comprensión de circunstancias causa-efecto, refinar procesos, detectar problemas, y construir alternativas de solución modificando la práctica e interactuando con las variables del contexto (Hacking, 1996). La HC desde este punto de vista, permite al docente conocer y comprender estos procesos en la construcción de conocimiento y formas diversas a través de las cuales la reflexión y la experimentación sean elementos clave para elaboración de explicaciones, y proponer libremente actividades derivadas de la HC que le permitan al estudiante construir su propio conocimiento para la vida y para el entorno social en el que se desempeña.

Experimentar es entonces, un proceso que vincula al estudiante como un ente activo e importante en el proceso del conocer y comprender, establece un papel riguroso para quien ejerce la práctica como un observador crítico, quien permite orientar sus necesidades y modelos teóricos a partir de experiencias e ideas previas ubicándose en un contexto determinado y convirtiéndose en un sujeto que cuestiona, opina, maneja variables, explica y elabora conclusiones a través del lenguaje como medio de comunicación. De esta manera, la importancia del experimento radica en la representación y organización de fenómenos físicos según las preocupaciones del individuo, quien prioriza ideas y dinamiza formas de interacción sobre la reflexión hacia la transformación y ampliación de sus modelos teóricos explicativos en la búsqueda de nuevas lecturas sobre el fenómeno elaborando profundas organizaciones (Ayala & otros, 2004). El sujeto debe acercarse al estudio del fenómeno a través de una fuerte intencionalidad de observación, ésta es una habilidad que debe refinarse con la práctica y el ejercicio constante, pues observar no es ver lo que está ahí, es ponerse anteojos para ver más allá de lo que las percepciones de los sentidos y el experimento muestran.

Por lo tanto, la trascendencia de los experimentos en el aula posibilita que sean objeto de razonamiento, involucren problemáticas socio-científicas y tengan riqueza conceptual en sí mismos, cuyo modo de proceder sea a través de la creación o recreación de situaciones donde la naturaleza se despliegue y muestre comportamientos dignos de ser estudiados a través del uso del lenguaje, el intercambio de ideas con el uso de la palabra, y enunciados observacionales completos de teorías y deducciones empíricas (Hacking, 1996).

1.2.4 El uso del lenguaje desde la perspectiva sociocultural

Tras pensar las formas, estrategias y enfoques a través de los cuales promover el aprendizaje de la ciencia, una de las preocupaciones radica en la forma del lenguaje utilizado en estos procesos educativos, especialmente en la física, que existe cierta dependencia de las matemáticas como la única forma para comprender el mundo, a través de las teorizaciones, formulaciones y seguimiento de ecuaciones para aproximar la realidad al lenguaje numérico, ahora bien, ¿qué elementos intervendrían para comprender la enseñanza de la física no sólo desde los elementos que brindan las matemáticas? Pues bien, el papel del docente requiere de intervenciones educativas que permitan complementar las

formas de pensar a través de la organización de conocimientos construidos y guiados por la dinámica del diálogo de saberes.

Para Ayala y otros, 2008, formalizar con el uso del lenguaje es pues:

“Un proceso del pensamiento a través del cual se da forma a los propios modos internos de reconocer y elaborar el mundo” por lo que formalizar es también: *“una parte esencial del proceso de construcción de conocimiento, caracterizado por la elaboración y uso de estrategias según las cuales los diversos modos de mirar son adaptados continuamente a aspectos de una realidad organizada con los modos de conocer”*

En este sentido, desarrollar formas de pensar, reflexionar y explicar fenómenos y sucesos a través de procesos cognitivos de interiorización promueve la formalización, aquella puede implicar todos los procesos no necesariamente cuantitativos a través de los cuales se construye el conocimiento mediante confrontación, determinación y validación, derivada de la vivencia y experiencia con el entorno.

Pues bien, desde el punto de vista de la enseñanza tradicional el conocimiento se aprende a medida que se formaliza por medio de las estructuras matemáticas, de ahí que, la formalización es única y no existe otra metodología ligada a este proceso, por tanto se limita a la mecanización de métodos y fórmulas. Sin embargo, entendiéndose la formalización de forma amplia y profunda como el proceso a través del cual el individuo reconoce, comprende y aplica el conocimiento, se reconoce que existen otras estrategias derivadas de la experiencia para la intervención que promuevan la estructuración, organización y validación del conocimiento, entre ellas el lenguaje, el diálogo, la confrontación de ideas, la predicción de fenómenos, la proporcionalidad entre variables mencionada por Galileo en sus experiencias, la interpretación e interrelación entre ellas como el tiempo, distancia, velocidad, y fuerza. De esta manera, el aprendizaje de la física comprende la formalización de las propias ideas sobre los fenómenos de la naturaleza, mediante procesos de interacción en el aula, con el desarrollo de procesos cognitivos y de experimentación que promueven el planteamiento de explicaciones coherentes.

Capítulo 2. Concepciones del Movimiento por parte de los Estudiantes

Para identificar y analizar las tendencias de los estudiantes en cuanto a la concepción del movimiento, se diseñó una encuesta semiestructurada con preguntas abiertas y cerradas (*ver Anexo 1*) en la cual los estudiantes deben seleccionar una respuesta justificándola con criterios de falsedad o veracidad sobre un hecho o fenómeno del entorno físico. Es así como cada enunciado se diseña retomando elementos desde la historia de la ciencia representando algunas situaciones experimentales que permitieron construir ideas sobre el movimiento en determinados contextos sociales e ideológicos, ello con la intencionalidad de que el estudiante formalice sus ideas en su propio contexto, asigne criterios de validación y explicación en relación a los puntos de referencia, la interacción, la conservación del movimiento y la descripción de la trayectoria que recorre el cuerpo.

Por lo tanto, discutir sobre los diferentes ejes mencionados con anterioridad, representan un papel importante para la comprensión del movimiento, véase a continuación el fundamento que expresan los estudiantes en la encuesta.

2.1. Puntos Estratégicos De Referencia

La situación plantea lo siguiente (#1 en la encuesta):

“Imaginemos que estamos en una zona del mar de aguas tranquilas a bordo de un barco (A) y, observamos que otro barco (B) se acerca al nuestro en la misma dirección. Sin embargo, estamos tan lejos de la costa que sólo vemos el otro barco...”

A partir de esta situación, podemos afirmar que nuestro barco:

1. Se mueve
2. Está quieto
3. Ambas opciones.

Del análisis de las encuestas se tabula la siguiente información:

MOVIMIENTO		Cant.	Porcentaje
Categoría	Subtotal categoría 1	20	71.43%
El barco A se mueve	Debido a un sistema de referencia que depende del observador.	1	3.57%
	Por la determinación de puntos de referencia alternos.	9	32.14%
	Por la percepción de la velocidad o distancia recorrida, agentes externos o por la acción de una fuerza constante.	4	14.29%
	Sin especificar su causa.	6	21.43%
	Subtotal categoría 2	8	28.57%
El barco A no se mueve	Debido a la percepción de agentes externos que dan cuenta del movimiento.	8	28.57%
	TOTAL	28	100%

Tabla 1. Resultados de los estudiantes en relación a la concepción de puntos de referencia.

A partir del estudio interpretativo de las respuestas se encuentra en los estudiantes dificultad para explicar ciertos fenómenos, tales como la caída de un cuerpo pues no tienen suficientes elementos o ideas construidas desde la física para explicar el comportamiento. Por su parte, la inexistencia de un punto estratégico de referencia permite apreciar la necesidad de los estudiantes en condicionar el fenómeno con otros agentes físicos que intervienen en el sistema como son el agua, otros cuerpos, otros barcos, e incluso, algunos asumen la existencia de un observador determinado dentro o fuera del barco A. Así, encontramos las siguientes respuestas en relación a la pregunta:

“No lo podemos ver, aunque si podemos ver que está humeando, así sabremos que el barco tiene algún movimiento...” En este primer caso, evidenciamos la asignación de otras herramientas por parte del estudiante para dar cuenta del fenómeno del movimiento.

Otro estudiante de 17 años responde: “Está quieto porque vemos que el otro barco se aproxima y el nuestro sigue en el lugar de partida o de referencia” En la expresión se puede inferir que para el estudiante, el barco A es el punto de referencia en torno al cual identificar algún movimiento presente en cuerpos externos a él.

De tal manera, empiezan a buscar mentalmente elementos físicos en el fenómeno con los cuales puedan explicar ¿cuál de los dos cuerpos se encuentra en movimiento y porqué?, y ¿cómo se puede dar cuenta del fenómeno si no existe un punto estratégico de referencia? Pues se evidencia la tendencia a determinar el movimiento con respecto a objetos como puntos de referencia determinados, de tal manera que puedan hablar de largas o cortas distancias con respecto al barco A, y la velocidad. Un estudiante explica: *“El barco se mueve por las ondas que dan las olas que manda el otro barco hacia nosotros ya que viene con una velocidad constante”*. Estos resultados representan el 32,24% de la estadística.

El 28,57% de las encuestas resueltas por estudiantes de básica secundaria de grados 10° y 11° responden que el barco no se mueve debido a que el otro barco le adelanta y no se tienen puntos de referencia, veamos: *“Está quieto porque se dice que están en aguas tranquilas ósea que el mar no ejerce ninguna fuerza”*, otra respuesta indica: *“si el otro barco se acerca al nuestro es porque estamos quietos”*. Por su parte, el hecho de crear la necesidad de atribuir a otros cuerpos o superficies la capacidad de determinar el movimiento aleja al individuo de su capacidad para pensar y decir ¿por qué un cuerpo puede estar en movimiento y en reposo a la vez? Y ¿desde qué puntos estratégicos de referencia se puede dar cuenta de ello?

El resto de los estudiantes visualizan la presencia del movimiento, sin embargo el 3,57% asume los sistemas de referencia relativos a la posición del observador quien los determina, de tal manera que éste, pueda describirse desde el movimiento y el reposo simultáneamente en sistemas diferentes, veamos la cita, un estudiante de 16 años indica *“El movimiento es relativo, es decir depende del observador que describa el movimiento, por el otro barco pueden ver que el nuestro está quieto, mientras nosotros sentimos que se mueve constantemente...”*.

En conclusión, la caracterización del movimiento no es clara por parte de los estudiantes, la mayor parte no asume la importancia de puntos estratégicos de referencia para comprender la relatividad de este fenómeno.

2.2. Interacción

Los fenómenos físicos sobre el movimiento pueden estudiarse desde la interacción con agentes externos, por ejemplo la fuerza concebida como resultado de la interacción entre los campos gravitatorios de la tierra y la luna, o la fricción generada al empujar una carreta sobre el piso...¹ Es así, como Albert Einstein al dar cuenta de los fenómenos de fricción, encuentra cuestionamientos sobre cuál es el papel de la interacción y cómo ésta determina el comportamiento de los cuerpos en movimiento. En su texto “La física, aventura del pensamiento” (2002) permite identificar cómo concebimos el movimiento desde la intuición vinculada a los actos de empujar, levantar o arrastrar asumiendo que cuanto mayor sea la fuerza ejercida entonces mayor será la velocidad del cuerpo. Según los análisis de Galileo es posible considerar que, las conclusiones intuitivas fijadas desde la observación inmediata producen a menudo equivocaciones, y por lo tanto, asumir la fuerza como un tipo de influencia externa aplicada cuyo origen descende del esfuerzo muscular o mecánico, resulta dejarnos al comienzo de la pista sobre la clave que pasó inadvertida.

Retomar y trascender las ideas de Galileo y Newton sobre la noción de fuerza necesitó de la representación de hechos y fenómenos físicos sobre caída libre, lanzamiento de cuerpos, y el empuje de móviles. Este tipo de fenómenos de la naturaleza resultan ser muy intrincados para comprender el problema del movimiento. Ello genera interés en saber cómo los estudiantes asumen la interacción de los fenómenos del movimiento, por lo tanto se retoma la siguiente situación de Albert Einstein:

¹ Algunas interpretaciones se refieren a la fuerza como una propiedad de los cuerpos en este caso, como atracción de la tierra sobre la luna, o la fuerza concebida como algo que se aplica o “imprime” al cuerpo, por ejemplo la que ejerce el hombre para empujar la carreta. Es así como lo concibió Aristóteles quien sostenía que “el cuerpo en movimiento se detiene cuando la fuerza que lo empuja deja de actuar” (Einstein & Infeld, 2002), pasando por las interpretaciones de Hiparco de Rodas, Filopón, Nicolás de Cusa y Juan Buridán quienes atribuían fundamentaban la existencia de un impulso que origina el movimiento a través de la teoría del ímpetu. Este tipo de interpretaciones son muy frecuentes en los niños y adultos.

“Un hombre conduce un carrito por una calle horizontal, pero de repente **deja de empujarlo**. ¿Cómo será posible aumentar el trayecto que recorre después de ser empujado?

- Puliendo más la calle y reemplazando las llantas por otras más delgadas.

Falso ____ Verdadero ____

- Aplicando más fuerza al carrito. Falso ____ Verdadero ____

De los resultados, se obtiene la siguiente estadística:

Categoría	Resultados	Porcentaje
Disminuyendo la fricción	0	0%
Aplicando más fuerza	30	100%
TOTAL	30	100%

Tabla 2. Respuestas de los estudiantes sobre cómo aumentar el trayecto.

Del análisis de las encuestas se encuentra que, los estudiantes no consideran la fricción en el fenómeno del movimiento como una cuestión de interacción, veamos un estudiante de 19 años comenta: “*la calle no tiene fricción*”, resaltando la fricción como una propiedad del suelo o superficie sobre la que se desplaza la carreta. También consideran que la aplicación mayor de una fuerza implicaría sin duda alguna, un aumento en la velocidad y por tanto, en la distancia recorrida por la carreta, diciendo que: “*será posible aumentar el trayecto que recorre después de empujado aplicándole más fuerza al carrito para poder aumentar su velocidad*”; reconocen la velocidad como indicador de la acción de alguna fuerza: “*porque después de no darle la misma fuerza al carro, no se va a desplazar bien y su velocidad no va a ser la misma*”

Ignorando la participación de las influencias externas como son los efectos del roce o fricción entre el camino y las ruedas de la carreta, pues no consideran la posibilidad de aminorar estos efectos para aumentar la distancia recorrida por la carreta.

Consecuentemente, pierde importancia la opción de lijar las asperezas del camino, o pulir

las llantas para lograr que el carro alcance un mayor trayecto, pues la aplicación de la fuerza es la única que define el movimiento con independencia de las condiciones en las que se encuentra el objeto y, por tanto, la superficie sobre la que se mueve. Esta visión intuitiva sobre el movimiento permite corroborar la percepción aislada sobre los fenómenos considerando de forma unívoca una posible respuesta, de manera que, las múltiples observaciones de la naturaleza inclinan a pensar que, para que un cuerpo se mueva con mayor rapidez, debe ser empujado con más fuerza.

Este tipo de respuestas representan la adaptación de ideas mecanicistas sobre el movimiento derivadas de la enseñanza tradicional. En este sentido, se asumen aspectos de forma absolutista en relación a la percepción del fenómeno tras la manipulación inadecuada de conceptos, generando así, incomprensión de los hechos, dificultad para hacerlos inteligibles y construir explicaciones desde su entorno. Las respuestas dadas por los estudiantes dependen de las relaciones conceptuales que ellos establecen a través de un lenguaje propio y el estudio del fenómeno a partir del uso de variables físicas contenidas en las expresiones matemáticas.

En otro caso, se identifican problemas para hablar de la interacción tomando como referente la experimentación en relación a la caída de cuerpos pesados y livianos desde la misma altura. Esta experiencia propuesta por Galileo Galilei plantea lo siguiente:

“Imagina que tienes dos objetos en tus manos a la misma altura, uno con mayor masa que el otro. Necesitas determinar en qué tiempo caen ambos objetos si son soltados en el mismo instante. En esta situación, es posible afirmar:

- Primero cae el cuerpo más pesado. Falso ____ Verdadero ____
- Ambos cuerpos caen al mismo tiempo. Falso ____ Verdadero ____

De lo cual se obtiene la siguiente estadística:

Categoría	Resultados	Porcentaje
Cae el cuerpo más pesado	15	51.72%
Ambos caen al mismo tiempo	14	48.28%
TOTAL	29	100%

Tabla 3. Respuestas de los estudiantes sobre la caída de cuerpos con diferente peso.

Explicaciones de los estudiantes que consideran que cae primero el cuerpo más pesado.

Este ejercicio pretende que los estudiantes expliquen el fenómeno de caída de los cuerpos, teniendo en cuenta elementos o variables físicas que consideren importantes para determinar el comportamiento.

Analizando las encuestas se percibe que los estudiantes asumen la gravedad, velocidad, masa, volumen, altura del objeto y el efecto del viento como elementos explicativos sobre el fenómeno.

Nótese que un estudiante asume que *“cae primero el cuerpo más pesado porque tiene mayor masa y mayor volumen”*, otro estudiante de 17 años opina que *“el cuerpo más pesado cae primero porque tiene más altura que el menos pesado”*.

Éstas respuestas representan el 51.72% de las encuestas. Un estudiante menciona: *“porque al ser más pesado las corrientes de aire no van a poder sostenerlo como al que pesa menos. Pero si fueran de la misma masa caerían al mismo tiempo”*, como si existiese un patrón para el aire “cargar” o “detener” los cuerpos. Para otro estudiante *“las ondas del viento interrumpen la caída, pues si se deja caer una hoja de papel, éste la eleva de un lado al otro”*.

Sin embargo, la cuestión no corresponde unívocamente al peso en relación a la masa, el volumen o si quiera la altura del cuerpo, sino en el análisis de cómo el cuerpo en caída interactúa con la tierra y otros agentes físicos. Si se tomaran dos hojas de papel iguales, una de ellas encogida y ambas se soltaran desde la misma altura, encontraríamos que la forma del objeto y cómo esta “rompe” o disminuye el efecto del aire (roce) determina también el tiempo de caída.

Otros estudiantes justifican que *“la gravedad hará caer al cuerpo más pesado más rápidamente”*, asimismo que *“el cuerpo más pesado va a sufrir una aceleración más rápida”*. En la primera respuesta se percibe que la gravedad aumenta la velocidad de caída, sin embargo en la segunda respuesta encontramos que el estudiante le atribuye a la aceleración la propiedad de ser más rápida o más lenta, demostrando para este tipo de pensamiento que la aceleración tiene un carácter variable. Así mismo, el uso del lenguaje cotidiano sobre el concepto de “rapidez” es difuso en relación a la explicación que se pretende dar.

Finalmente, implica un poco de curiosidad entender cómo para un estudiante *“el cuerpo que tiene más peso va a demorarse más para caer”* tal como se expresa en la encuesta aplicada.

Explicaciones de los estudiantes que consideran que ambos cuerpos caen al mismo tiempo.

El 48.28% de los estudiantes determinan que ambos cuerpos caen al mismo tiempo, independientemente de la masa o el peso. Para ellos, la gravedad hace que la caída sea la misma por lo tanto ésta es, tal vez, un ente que regula la caída de todos los cuerpos. Algunos estudiantes fundamentan sus explicaciones diciendo que *“ambos cuerpos caen al mismo tiempo porque la gravedad en ambos es la misma”*, o que *“el más liviano cae con más velocidad y el más pesado con más fuerza pero ambos caen al mismo tiempo”* intentando compensar los efectos de la velocidad de caída en los cuerpos livianos con la presencia de una aparente fuerza en los más pesados, fundamentando la visión vitalicia e inagotable de la fuerza.

Un estudiante de 16 años dice que *“ambos van con la misma velocidad constante”*, por lo tanto, se plantea una pregunta al respecto: ¿desde este punto de vista se considera uniforme la velocidad de caída?, ¿cómo concibe el estudiante los efectos de la aceleración?, o ¿qué idea puede tener acerca de la gravedad?

De forma similar un estudiante afirma que *“puede ser que no tienen el mismo peso pero al ser soltados desde la misma altura, su caída puede causar un movimiento constante”* Es

evidente que existen problemas de lenguaje para la comprensión de hechos físicos, puesto que, comprometen significados para ideas sobre velocidad constante y movimiento constante desconociendo la profundidad de su significado en un fenómeno dado. Por lo tanto, atribuyen conceptos físicos sin evidenciarse coherencia de pensamiento para la justificación del hecho.

Otras explicaciones en torno a porqué ambos cuerpos caen igual es que *“ambos fueron soltados al mismo tiempo y a gran velocidad”*, y que *“caen al mismo tiempo porque uno cae por su peso y el otro por ser más ligero. Pues ambos tienen la misma gravedad”*. Estos enunciados permiten cuestionar ¿a qué se refieren los estudiantes con la idea de “gran velocidad”, cuerpo “ligero” y de “tener gravedad”? , pues nuevamente, se percibe que el lenguaje cotidiano dista del lenguaje formal dificultando el uso de frases que permitan explicitar el fenómeno con mayor nivel de coherencia y abstracción.

Sin embargo, se expresa la duda por un estudiante de 17 años de ambos que al caer al mismo tiempo y a alturas mayores, llegue al suelo primero el cuerpo más pesado. Veamos la respuesta: *“Ambos caen al mismo tiempo porque sufren la misma fuerza de gravedad, o quizás, dependa de sí se lancen de una gran altura, de pronto caiga más rápido el objeto pesado”*

Podemos percibir que los estudiantes expresan un efecto de gravedad estándar sobre los cuerpos lanzados desde la misma altura, sin embargo, algunos la interpretan como una propiedad de los cuerpos que tienen mayor masa. Para otros, esta velocidad de caída constante.

2.3. Estado De Movimiento

La situación #2 que se plantea en la encuesta es la siguiente:

“Estamos en uno de los dos barcos y dejamos caer una piedra desde la cima del mástil. Si el barco está quieto, la piedra caerá exactamente a los pies del mástil. Pero si el barco está en movimiento con velocidad constante, podemos afirmar que:

1. La piedra cae hacia la parte de atrás del barco
2. La piedra continua en movimiento y cae nuevamente a los pies del mástil

El estudio de las encuestas permite relacionar la siguiente estadística:

Conservación del Movimiento		Cant.	Porcentaje (%)
Categoría	Subtotal categoría 1	17	56.7%
Retarda su movimiento	Debido a que el barco va a grandes velocidades, mientras cae la piedra, éste continúa su movimiento.	17	
Conserva su estado de movimiento	Subtotal categoría 2	13	43.3%
	Debido a que la piedra conserva la misma dirección y velocidad de caída.	13	
	TOTAL	30	100%

Tabla 4. Respuestas de los estudiantes en relación a los estados de movimiento.

Estudiando los resultados, podemos visualizar que un 56.7% de los estudiantes consideran que el cuerpo debe estar sometido bajo la acción de la fuerza constante por parte de la mano de quien está dentro del barco transmitiendo el movimiento a la piedra, para que ésta siga en la misma dirección y velocidad conservando el movimiento adquirido. Un estudiante afirma que: *“si estamos en movimiento el barco ejerce una fuerza, a lo que vamos andando la piedra caería hacia otro lado”*, para otro estudiante *“hay un movimiento que no lo deja caer a los pies del mástil”* suponiéndose éste como el movimiento del barco. Lo anterior se asemeja a la concepción Aristotélica del movimiento a partir del cual se especificaba que todo cuerpo continúa en su movimiento si está sujeto a aquel que le imprime una fuerza determinada, como si ésta última se aplicara de un cuerpo a otro.

Adicionalmente, un estudiante considera que *“la piedra puede caer en diferentes direcciones, y una de ellas es hacia atrás”*, entendiéndose que después de ser soltada la velocidad cambia de dirección.

En el siguiente comentario se percibe nuevamente el carácter vitalicio atribuido a la fuerza: *“la piedra cae hacia atrás del barco porque el movimiento de éste y su velocidad hace que la fuerza sea mayor”*, no se especifica con claridad la relación que establece entre el movimiento y una determinada “fuerza” que aumenta en relación a éste.

Un estudiante reconoce que al soltar la piedra ésta cae en línea recta, sin embargo el barco se mueve hacia adelante, y ésta quedaría entonces atrás. Según la explicación dada, la piedra pierde la velocidad horizontal que traía con el movimiento del barco, pues al momento de ser soltada cae sólo con un movimiento vertical descendente.

Otra interpretación indica que, *“si el barco va muy rápido se puede decir que la piedra caerá en otro lugar, pero si el barco va lento, la gravedad será más rápida, y podrá caer en el mismo lugar o un poquito más lejos”* Esta idea sugiere que la gravedad se compensa con la velocidad alcanzada por el barco en el eje x, y por lo tanto, la piedra llegará al punto esperado.

Como se ha mencionado, el problema del lenguaje sigue siendo representativo, por un lado con el uso de palabras que pierden significado cuando son expresadas por los estudiantes, por el otro, dada la fundamentación que utilizan para dar explicaciones limitan el uso del enunciado sin hacer reflexivo el hecho desde un punto de vista propio. Los estudiantes hacen uso de palabras técnicas para intentar responder de forma “correcta” al fenómeno, excluyendo el análisis propio y consciente de los hechos planteados.

El 43.3% de los estudiantes reconocen la conservación del estado de movimiento, sin embargo la justificación no es muy clara. Algunos dicen que *“la piedra también está en movimiento constante”* sin especificar cómo éste se reconoce o caracteriza; otro comentario indica que: *“el barco tendría que ir en movimiento muy acelerado para que la piedra caiga hacia la parte de atrás. Si la piedra se deja caer donde está la punta del mástil caerá debajo de él y se irá hacia atrás porque el barco seguirá su marcha”*. Este tipo de interpretaciones permite conocer que las estructuras conceptuales de los estudiantes están ligadas a la condición de velocidad del barco, es decir de los agentes externos, y no del movimiento que hasta ese momento lleva la piedra ni de sus características. Por lo tanto, algunas de las ideas planteadas por éstos no reconocen razones coherentes que expliquen la conservación del estado de movimiento de un cuerpo, en este caso la piedra.

2.4. Descripción de la Trayectoria De cuerpos en Movimiento

La tercera situación corresponde al aspecto de la trayectoria recorrida por un cuerpo en movimiento. Es un ejemplo que permite que los estudiantes expresen a manera de gráfico cómo se percibe el movimiento de la piedra en caída desde un observador ubicado en la costa y paralelo al movimiento del barco. La situación es la siguiente:

“Una persona ubicada en el mástil de un barco que se mueve con velocidad constante paralelo a la costa, deja caer una piedra. Otra persona que se encuentra en el muelle observa la trayectoria de la piedra. ***Dibuje el movimiento que describe la piedra según sea en línea recta o semiparabólico (hacia atrás o adelante). Explique a qué se debe que la piedra describa tal movimiento***”

De las encuestas se obtiene la siguiente estadística:

Categoría	Subcategoría	Resultados	Porcentaje
Línea recta	Vertical 	6	40%
	Diagonal hacia adelante 	6	40%
	Diagonal hacia atrás 	2	13.3%
Semiparabólico	Hacia atrás 	1	6.7%
TOTAL		15	100%

Tabla 5. Respuestas de los estudiantes según sea la trayectoria recorrida por la piedra.

En esta situación, de un total de 38 estudiantes que recibieron la encuesta, sólo 15 respondieron esta situación. Del total, un 93.3% describen el movimiento de la piedra de forma rectilínea en diferentes direcciones.

El 40% que sustenta la caída vertical indican que la acción de la gravedad es la “fuerza que acelera” este movimiento, por lo tanto, no existe un movimiento horizontal. Aquellos estudiantes resultan ser muy analíticos a partir de la observación, pues si fijan la trayectoria de caída de la piedra en relación al hombre que la suelta percibiendo de esta manera, una trayectoria vertical hacia abajo. Las justificaciones que acompañan el gráfico son: *“la piedra cae en línea recta porque la velocidad que trae el barco es constante y por tanto la roca cae en línea recta”*.

Un 40% asume la percepción de que la piedra cae con una trayectoria diagonal hacia adelante, pues conserva su estado de movimiento desde donde fue lanzada por: la acción de la gravedad y el movimiento horizontal alcanzado hasta ese momento. La piedra describe una trayectoria por composición de movimientos en el eje x y y . Sin embargo, llama la atención esta trayectoria específica, así como del dibujo que ésta representa en las respuestas (ver tabla 5), pues se sugiere que ambos movimientos (horizontal y de caída) se conservan a velocidad constante, por lo tanto, la gravedad no se concibe como aceleración. Teniendo en cuenta la cantidad de estudiantes que seleccionan esta opción, es preocupante cómo aunque ya hayan resuelto problemas de caída y aceleración, en una situación diversa como la planteada en este ejemplo se evidencien concepciones propias de la gravedad muy arraigadas en la interpretación de la realidad.

El 13.3% asumen que el cuerpo describe una trayectoria diagonal hacia atrás, pues mientras el barco avanza, la piedra pierde movimiento y queda atrás de donde fue lanzada. Los estudiantes no logran ver independencia de movimientos, sino que conciben que la caída descompensa el movimiento horizontal que llevaba y por tanto cae atrás. Una justificación dada por el estudiante es que *“al tirar la piedra con el barco moviéndose horizontal a una velocidad constante, la piedra caerá hacia atrás”*, pues *“... si se deja caer libremente caerá hacia atrás, pues el barco avanza y la piedra no...”*

El 6,7% de los estudiantes reconocen el movimiento semiparabólico para explicar que el cuerpo cae hacia la parte de atrás del barco, perdiendo el movimiento que traía y en dirección contraria a la velocidad del barco. Según las ideas anteriores, y reafirmando la concepción de la independencia de movimientos horizontal y vertical, en ésta descripción se concibe claramente la acción de la gravedad y la desigualdad de movimientos, pues la

velocidad que traía piedra en el eje x es retardada, y la trayectoria semiparabólica es descrita debido a la influencia de la aceleración dada la gravedad.

Estas respuestas permiten visualizar las diversas formas a través de las cuales los estudiantes comprenden un fenómeno que incluye la conservación del movimiento y la trayectoria que se recorre, junto a explicaciones derivadas de la experiencia y el razonamiento propio.

Pues bien, dada la aplicación y el análisis de las encuestas en el grupo de estudiantes de grados décimo y once, se procede a presentar los aportes construidos en el análisis histórico de los textos originales; de ahí que se relacione este conocimiento con las ideas abordadas por los estudiantes en el diseño de una propuesta educativa que promueva el aprendizaje de la física del movimiento teniendo en cuenta los aportes históricos y epistemológicos.

Capítulo 3: Aportes Sobre La Concepción De Movimiento

La física puede ser caracterizada por ser inherente a la historia, para que a partir de ella sea posible reconstruirla y representarla como una actividad cuyo valor social y cultural implique la construcción de un proceso colectivo a partir de las necesidades de un grupo humano determinado. En este sentido, el papel de la física se dimensiona desde los elementos que la historia proporciona a partir de la construcción de conocimiento en diferentes épocas y modelos teóricos para la fundamentación de los hechos fenomenológicos percibidos de la naturaleza. Ello promueve que la física sea fundamentada en el aula con el aporte de diferentes elementos históricos, así al hacer uso de la historia de la ciencia desde la revisión detallada y crítica de textos originales sobre quienes aportaron ideas a la concepción de movimiento tal como Galileo, Newton y Einstein en diferentes épocas, contextos y necesidades socio culturales, se construye una concepción acerca del movimiento, presentando una descripción que va más allá del cambio de lugar en el espacio, con elementos como la interacción, referencia, observación, conservación y trayectoria. De esta manera, aquí se desarrolla el análisis realizado y se presentan los elementos considerados importantes en la descripción y comprensión del movimiento:

3.1. Análisis Histórico - Contextual del Movimiento

La difusión usual de la concepción del movimiento en la enseñanza se ha caracterizado por el cambio de lugar en el espacio medido por la distancia. Algunos trabajos de psicología experimental tienden a confirmar que las explicaciones de los niños en la representación del mundo físico tienen un carácter intuitivo y aristotélico muy arraigado, ello genera gran dificultad en el aprendizaje debido a que los métodos de enseñanza no consideran la naturaleza espontánea y absolutista de sus ideas. En este sentido, Yoav Ben Dov (1999) realiza una reflexión del movimiento que permite reconocer las formas sobre las cuales puede ser pensado un fenómeno en relación al movimiento de los cuerpos.

Ahora bien, ¿qué significa que el movimiento sea relativo?

Para empezar es posible considerar cómo históricamente el movimiento no siempre ha sido considerado de carácter relativo. Si bien, los aportes de Aristóteles como el primer filósofo natural fundamentaron el movimiento independiente al observador y único basado en la percepción del sentido común² como una tendencia natural³ de los cuerpos.

En ese sentido, la noción de que la tierra es inmóvil se obtiene a partir de la reflexión sobre hechos fenomenológicos puntuales como la salida y puesta del sol que permitió justificar que éste se movía alrededor de la tierra junto con los demás astros⁴. Pues, según los escolásticos si ésta se moviese, al lanzar un objeto hacia arriba éste caería detrás del punto de donde fue lanzado, por tanto, debido a que cae nuevamente a las manos de quien lo lanza se confirma que la tierra es inmóvil.

² Aristóteles “rechazaba las ideas pitagóricas sobre la importancia de las matemáticas y no dio ningún contenido numérico preciso a sus explicaciones, concentrándose en la interpretación conceptual de los fenómenos, y en particular en las causas de los cambios. Explica de manera extremadamente directa los fenómenos que pueden observarse a simple vista, ha sido llamado el *filósofo del sentido común*...”

³ El estado natural de los cuerpos según Aristóteles corresponde al comportamiento de los elementos que pertenecen al mundo sublunar: tierra, aire, agua y fuego, hacia el lugar que cada uno tiende espontáneamente a dirigirse, el fuego y el aire hacia arriba, la tierra y el agua hacia abajo, debido a la tendencia de ocupar el lugar que le corresponde.

⁴ Esta idea se relaciona con el geocentrismo, el cual fundamenta que todos los cuerpos se mueven alrededor de la tierra.

Después de conservar el pensamiento aristotélico durante casi XVIII siglos ¿Cómo es posible ahora justificar que existe un movimiento de la tierra contrario a lo que se pensaba en la antigüedad? La observación del cielo permitió recordar que algunos fenómenos se habían excluido del marco explicativo de las cosas, el movimiento retrógrado de Marte, los eclipses, las fases de Venus descubiertas en 1610 por Galileo, las fases de Mercurio que si bien Galileo no llegó a confirmarlas por la imprecisión de sus instrumentos, los satélites de Júpiter, y la observación de las manchas solares, que para la escuela peripatética se consideraba que no existían, debido a que no existe corrupción ni generación en la bóveda celeste, por tanto las manchas no podían ser sino engaños de los cristales o falsas apariencias. Teniendo en cuenta lo anterior, fue complejo explicar estos hechos desde la perspectiva en la que se fundamentaban, por tanto ello implicaría observar desde otro punto de vista en el que se concibe en movimiento la tierra, lo único que para ellos era inmóvil⁵.

De esta manera, con la necesidad de nuevas formas de comprender el mundo, Galileo muestra ciertas consideraciones respecto al mundo antiguo:

“a partir del momento en que los universales dejan de ser realidades, dejan de existir en el mundo, para ser simplemente ficciones nuestras, simples signos nominales, verbales; la vieja lógica del silogismo deja de tener valor, deja de tener capacidad de interpretación de la realidad. Por otro lado, a las concepciones teológicas se las declara irracionales, es decir, no explicables por la razón; así se produce una dualidad, en la que, frente a lo divino, carecemos de medios propios, y frente a la realidad, no nos va a servir la razón conceptual hasta ahora válida...” (Galilei, 1980)

⁵ Pero, ¿qué implicaría pensar desde esta nueva perspectiva? Ello, consistiría en romper con todo un esquema organizado de ideas sobre el mundo derivado de las experiencias sensoriales, que respaldan las influencias políticas e ideológicas, e impedirían desestabilizar la “realidad” aceptada hasta el momento. Así pues, una determinada cantidad de fenómenos dejan de ser explicados puesto que, no cumplen con los racionalismos establecidos del mundo físico considerado, en palabras de Galileo “*el hombre ya no tiene medios para explicar lo que le rodea; su mundo se vuelve ininteligible e inhumano; los fenómenos ya no son previsibles, sus leyes no resultan en absoluto familiares; la angustia, la desorientación y la desesperación, son productos de esta crisis desencadenada, que sólo podría tener fin cuando unos nuevos métodos, una nueva razón, hagan de este mundo algo más humano.*” (Galilei, 1980).

En particular, Galileo consideró que la comprensión humana de la época estaba limitada por dos aspectos, uno la filosofía de silogismos lógicos a partir de premisas o proposiciones en la determinación de causa-consecuencia de los hechos observables, cuyo fundador fue Aristóteles; el segundo, la descripción teológica del mundo, para la cual no hay razones suficientes más que la fe.

Indiscutiblemente, Galileo se propuso romper estos esquemas y presentar una nueva ciencia donde se aleja de la observación como el confuso ver inicial, y considera la experimentación en representación de la realidad, la cual le permite decir que las cosas no están dadas, sino que los comportamientos de la naturaleza pueden ser explicados a través de diversos razonamientos.

En particular, Galileo aunque no muy conciso explica a través de la geometría las trayectorias de las manchas solares percibidas desde el telescopio y desarrolla elementos necesarios para explicar el fenómeno poniendo a girar la tierra en torno al sol, donde describen un recorrido con forma curvilínea y no lineal como se esperaría. Acorde a Copérnico quien por falta de instrumentos no pudo explicar el fenómeno, sin embargo, éste cuadraba en su sistema del mundo. Hecha esta salvedad, la percepción del fenómeno depende de la condición del observador que lleva el movimiento de la tierra. Éste y otros fenómenos permitieron cambiar la percepción que se tenía del mundo en cuanto al comportamiento de los astros y el carácter perfecto del cosmos.

Para ser más específicos, Aristóteles manifestaba la existencia de dos mundos, el sublunar con movimientos imperfectos los cuales podrían ser locales naturales o violentos, y el mundo supralunar. Esto es, los primeros, en dirección vertical hacia arriba o abajo de acuerdo con la tendencia de los cuerpos según los elementos de los cuales estuvieran compuestos; los violentos, ocasionados por fuerzas externas que interrumpen en el cuerpo.

En este sentido, el movimiento local como cambio de lugar en el espacio debe tener una causa, por su parte Aristóteles consideraba el movimiento circular como el movimiento perfecto, el cual existe por naturaleza sólo en la bóveda celeste o mundo supralunar, así pues, los cuerpos celestes se mueven eternamente siguiendo trayectorias fijas sin que sus propiedades sufran alteraciones.

De acuerdo a lo anterior, el movimiento de los astros permitió tomar registros en relación a la aparición de los astros y construir una idea de trayectoria en círculos perfectos, cada uno soportado por una esfera celeste que le sostiene. Dicho de otra manera, la existencia del cosmos se concibe circular y finito con movimientos perfectos⁶.

En el mundo sublunar, cuando se observa la experiencia de soltar dos cuerpos de distinta masa, Aristóteles concluye que el cuerpo que cae primero es el más pesado:

“los graves, los cuerpos que caen a la superficie del globo y que están mayoritariamente compuestos de tierra y agua tienden a llegar al centro de la tierra.

Creyendo que la tendencia de un cuerpo pesado por alcanzar su lugar natural era mayor que la de un cuerpo ligero, Aristóteles afirmó que, mientras más pesado es un cuerpo, más rápidamente cae” (Ben Dov, 1999).

Desde ésta perspectiva, las distancias recorridas en relación al tiempo de caída de los cuerpos dependen directamente del peso, idea que resulta de soltar dos esferas de plomo y distinto peso al mismo tiempo, para lo cual, independientemente de las condiciones se encuentra que cae primero el cuerpo más pesado. La siguiente afirmación de Galileo en el discurso de *Salviati* (2003) derriba las consideraciones traídas desde la antigüedad, retomando los trabajos de Aristóteles para dar su propio punto de vista:

“Aristóteles dice: Una bola de hierro de cien libras, cayendo de una altura de cien codos, llega a tierra, antes que otra de una libra haya descendido un solo codo. Yo digo que llegan al mismo tiempo. Al hacer el experimento, tú te encuentras con que la mayor se anticipa en dos dedos a la menor; es decir que cuando la grande toca tierra, está la otra a dos dedos de distancia. Ahora, querrías esconder bajo estos dos dedos, los noventa y nueve codos de Aristóteles, y hablando de mi error mínimo, pasar en silencio ese otro tan enorme. Aristóteles declara que, móviles de diferente gravedad en un mismo medio, se mueven (por lo que a la gravedad atañe) con velocidades proporcionales a sus respectivos pesos, y lo ejemplifica con móviles, en los que se pueda aislar el puro efecto de la gravedad, eliminando toda otra consideración tanto de sus formas, como de los

⁶ “Lo cierto es que, se trata de un ejercicio de malabarismo muy erróneo, dedicado sobre todo a tranquilizar las conciencias de quienes veían amenazada esa incorruptibilidad del cielo, y por ello, un universo concluso e inmóvil...” (Galilei, 1977).

mínimos momentos, cosas que, al recibir el medio grandes alteraciones, alteran el simple efecto de la sola gravedad. Por esta razón, vemos al oro, la más densa de todas las substancias, andar flotando por el aire, después de ser batido en finísimos panes; lo mismo hacen las piedras reducidas a finísimo polvo. Pero si tú quieres defender la proposición [como] universal, deberás demostrar que en todos los graves se mantiene idéntica la proporción de las velocidades, y que una piedra de veinte libras, se mueve diez veces más veloz que una de dos; lo que puedo asegurarte que es falso, y que, cayendo de una altura de cincuenta o cien codos, llegan a tierra en el mismo instante.

Me sorprende el que no descubras por ti mismo la falacia, y que no repares en que, si fuera verdad que un mismo móvil en medios de diferente tenuidad, rarefacción, y consistencia, como son el aire y el agua, se moviese en el aire con mayor velocidad que en el agua, según la proporción entre la densidad del aire y la del agua, se seguiría que todo móvil que descendiese por el aire, descendería también por el agua. Pero esto es tan falso, que muchísimos de los cuerpos que en el aire descienden, en el agua no solo no descienden, sino que suben a la superficie.”

Aunque Aristóteles cuestiona la caída de los cuerpos en distintos medios, justifica el hecho de acuerdo al peso y no tiene en cuenta la influencia del medio en la caída, por tanto, pasa por inadvertido la función del aire como resistencia a la caída y la tendencia de los cuerpos más pesados a vencer más fácilmente la oposición del aire.

Se deja a un lado el Aristóteles seguro y anclado en un pasado inamovible, para dominar su obra desde los problemas que parecían insolubles, los supuestos derivados de la observación. Para Galileo lo importante es seguir interpretando el mundo pero con una única diferencia, las experiencias serían dinámicas y complementarias pues:

“Una experiencia tosca y deteriorada, da lugar a nuevas experiencias que la corrigen y amplían...” (Galilei, G. 1980)

Con la necesidad de cuestionar la lógica de Aristóteles, superar el dato sensible y ordenarlo dentro del sendero de la razón, Galileo realiza algunas experiencias para dar cuenta del movimiento de los cuerpos del mundo sublunar argumentando que los cuerpos caen de la misma manera. Sugiere el siguiente razonamiento:

“...Después de haberme cerciorado de que no es verdad que un mismo móvil, en medios de diversa resistencia, guarde en su velocidad la proporción de las consistencias (cedenze) de esos medios; ni

que, en el mismo medio, móviles de distinto peso, retengan en sus respectivas velocidades la proporción de esos pesos (entendido también de los pesos específicamente diferentes), comencé a correlacionar estos hechos observando qué sucedería con móviles de diferente peso, puestos en medios de diversas resistencias. Y advertí que la diversidad de velocidades es todavía mayor en los medios más resistentes que en los más fluidos (cedenti); y esto con tales diferencias, que dos móviles que, descendiendo por el aire, difieren muy poco en velocidad de movimiento, en el agua se moverá el uno con diez veces mayor rapidez que el otro. Aún más; puede haber uno que descienda rápidamente en el aire, y que en el agua no sólo no descienda, sino que permanezca del todo privado de movimiento, y lo que es todavía más, que suba a flote: porque podremos quizás hallar alguna clase de madera, o algún nudo o raíz de aquellos que puedan mantenerse en reposo en el agua, y que desciendan velozmente en el aire.” (Galilei, G. 2003)

Siendo así, ¿qué significa que caigan de la misma manera? Y ¿Cómo los medios sugieren distintos comportamientos en la caída de los cuerpos?

Dada la influencia del medio, independientemente de la masa ambos cuerpos tienden a conservar un comportamiento de acuerdo con la resistencia que ofrece a la caída de los cuerpos, entre mayor sea la densidad, menor es la velocidad que adquiere en la caída; así pues, la diferencia entre las velocidades de dos cuerpos de distinta masa es menor en medios menos densos.

En este sentido, es posible percibir que, al soltar dos cuerpos en el aire, las diferencias en la caída se hacen insignificantes y casi imperceptibles, sin embargo, en uno más denso como el mercurio, las diferencias en las velocidades entre ambos cuerpos son notorias. Es decir que, en un medio poco denso, la disminución de la resistencia hace que caigan casi igual con diferencias poco apreciables; por lo tanto, tratándose de condiciones de vacío, ambos cuerpos caerían igual.

Lo anterior quiere decir que, para Galileo la caída no depende de la masa sino del medio en el cual se encuentren los cuerpos, y justifica diciendo:

“... declarar que no es la diversidad de peso la causa de las diferentes velocidades de los móviles distintos en gravedad, sino que estas diferencias dependen de accidentes exteriores y en particular de la resistencia del medio; de modo que eliminada ésta, todos los móviles se moverían con los mismos grados de velocidad...” (Galilei, 2003)

Ahora bien, en el caso de que, se tomen dos trozos iguales de papel, se arrugue uno de ellos para ser soltados desde una misma altura ¿no cae primero el papel que ha sido arrugado? Tratándose de cuerpos de igual masa, es posible cuestionar cómo la forma del objeto y el volumen del mismo inciden en el comportamiento de caída, pues aunque esto no lo especifica Galileo, no siempre las diferencias sólo son notorias entre cuerpos de diferente peso, sino que entran en juego otros aspectos físicos también importantes.

En el proceso de reconstrucción y explicación del fenómeno del movimiento, Galileo da elementos relacionar la caída con movimientos sobre péndulos o planos inclinados, finalmente explicita fenómenos en planos horizontales y caracteriza el movimiento uniforme. En este sentido, ¿cómo Galileo caracteriza el movimiento de los cuerpos?

3.1.1 Sobre el movimiento en pendular.

“Figuraos que esta hoja de papel es una pared vertical, y que de un clavo fijo en ella pende una bola de plomo, de una onza o dos, suspendida de un hilo finísimo AB, de dos o tres codos de largo y vertical: trazad en la pared una línea horizontal DC, que corte en ángulo recto al perpendicular (plomada) AB, que estará distante de la pared unos dos dedos; trasladando luego el hilo AB con la bola hasta AC, dejad esa bola en libertad. La veréis descender primero, describiendo el arco CBD, y sobrepasar tanto el punto B, que recorriendo el arco BD, subirá casi hasta la indicada horizontal CD, faltándole solo un pequeñísimo espacio para alcanzarla realmente, impedida de llegar, precisamente por el obstáculo del aire y del hilo...” (Galilei, 2003). Ver ilustración 1.

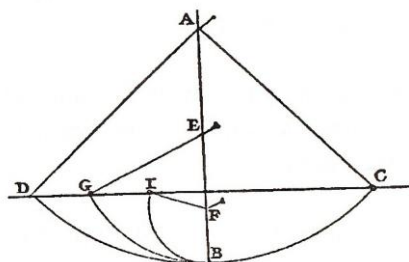


Ilustración 1. Péndulo de Galileo.

En este sentido, en un movimiento pendular el cuerpo suspendido por una cuerda es soltado. Éste inicialmente manifiesta una tendencia a caer libremente, sin embargo, es influenciado por una fuerza que cambia constantemente su dirección describiendo una trayectoria semicircular. Si se realiza la experiencia, es posible encontrar que, el punto de

máximo alcance en el otro extremo corresponde a la misma altura desde el punto donde es soltado, por lo tanto, el péndulo, intenta conservar el movimiento adquirido en la caída; aunque, dadas las condiciones éste se ve un poco retardado por efectos del aire y rozamiento.

“... de aquí podemos con toda verdad concluir que el ímpetu adquirido por la bola en el punto B, al descender por el arco CB, fue tan grande que le bastó para elevarse hasta la misma altura por el arco semejante BD” (Galilei, 2003)

Suponga ahora que entre AB fija un clavo por debajo de la línea horizontal DC, ¿qué comportamiento esperaría del péndulo? Y ¿qué altura esperaría que alcance luego de ser soltado?, pues bien, el péndulo continua el movimiento completando un arco de menor amplitud después de la línea AB, alcanzando con poca diferencia la altura inicial. Para Galileo, el movimiento adquirido en la caída a través del arco CB, es igual al que puede hacer volver a subir al mismo móvil por el mismo arco. En este sentido, ¿en que se podría relacionar con un movimiento en caída? En cada instante de tiempo, el cuerpo lleva una dirección y velocidad determinada que adquiere a medida que cae por el arco, y disminuye cuando alcanza la altura máxima.

Ahora bien, si se tratase no de un péndulo si no de un objeto dando vueltas prendido de la mano de una persona describiendo trayectoria en un círculo completo, en el instante en que se corte la cuerda, el objeto caería libremente en la dirección adquirida en el último instante. Aquello que impide que conserve un movimiento rectilíneo es la fuerza manifiesta desde la mano de la persona, quien constantemente somete al objeto en una velocidad y dirección determinada. Es así como, los movimientos circulares representan formas y segmentos de un movimiento en línea recta. El mundo supralunar deja de mitificarse como la perfección total, y se admite que los fenómenos del cosmos tienen comportamientos similares a los movimientos locales del mundo sublunar. De ahí, se superan las ideologías de la separación ciega e irremediable entre los dos mundos, en los que nada podría ser similar, y por tanto, los comportamientos de la bóveda celeste mínimamente podrían ser observados.

Entonces, ¿Qué diferencia existe entre el movimiento pendular dado por Galileo y los movimientos explicitados sobre planos inclinados?

Entiéndase la altura en los planos inclinados como la distancia geométrica que se asigna al cateto del ángulo recto formado con la horizontal, e independiente del grado de inclinación, de ahí, los efectos de rozamiento o fricción con el suelo, aditamientos en la velocidad e independencia de la masa, determinan la forma y el tiempo de caída del objeto, donde el cuerpo que desciende alcanza igual velocidad que otro ubicado a la misma altura, similar a lo que ocurre con el péndulo. En palabras de Galileo:

“Acepto que las velocidades de un mismo móvil, adquiridas sobre diversos planos inclinados, son iguales, cuando las alturas de esos mismos planos son iguales” (2003)

Por tanto, dos cuerpos de diferente masa ubicados a la misma altura, llegan al mismo tiempo considerando las superficies llanas y lisas. Sobre un plano horizontal en una superficie de madera se genera cierta resistencia a desplazar un objeto sobre ella y éste a su vez a oponerse al movimiento, sin embargo, si se forma un plano inclinado con la mesa, es posible percibir que el rozamiento entonces es menor, y se vuelve casi despreciable con un ángulo de inclinación 90 grados.

Como resultado, el grado de inclinación determina la resistencia del medio y el comportamiento del objeto en caída. A su vez, el objeto opone mayor resistencia a ser movido sobre el plano horizontal que si se tratase de un plano inclinado. En principio la tendencia a conservar el estado de movimiento se hace cada vez mas explicita.

En la caída la velocidad aumenta en proporción al tiempo recorrido y la distancia se hace el doble o el triple dependiendo de los segmentos de tiempo que se demore en caer. Para Galileo fue importante decir:

“¿Por qué no he de creer que tales aditamientos se efectúan según el modo más simple y obvio para todos? Si observamos con atención, ningún aditamiento, ningún incremento hallaremos más simple que aquel que se sobreañade siempre del mismo modo...” (Galilei, 2003).

Por medio de intervalos de tiempo iguales, existen incrementos de la velocidad simplemente agregados.

3.1.2 Sobre el movimiento en superficies con curvatura.

Ahora, en lugar de tener planos inclinados, encontramos el movimiento sobre superficies curvas, como si se tratase de rampas o movimiento de esferas sobre pailas. Dispongase a soltar una esfera desde el primer extremo, ¿cuál será el punto máximo que alcance? o ¿en qué condiciones la esfera sale del extremo de la paila?

Al ampliar uno de los arcos como si se tratara de un material maleable de tal manera que la altura sea menor, ¿qué sucede?, probablemente la esfera salga por el extremo del arco debido a que en el movimiento no compensa la altura inicial desde donde es soltada.

Continúe abriendo el arco hasta que se encuentre en uno o dos grados sobre la horizontal, ¿cómo sería el comportamiento de la esfera? Ahora bien, si se alargase la longitud del arco y tratándose de superficies lisas, la esfera continuaría el movimiento casi eternamente hasta alcanzar la altura inicial. Véase la ilustración 2.

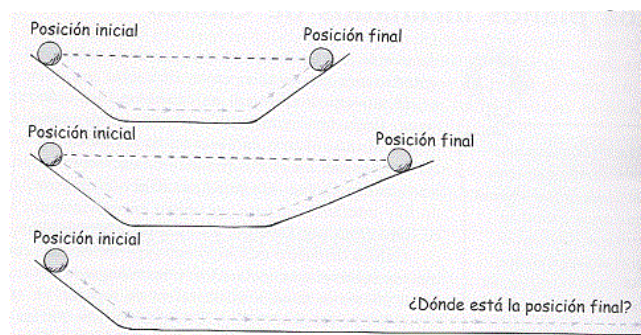


Ilustración 2. Posición final e inicial en un movimiento.

Para Galileo seguir disminuyendo grados de inclinación del arco hasta alcanzar la horizontal considerando las superficies lisas, implicaría que la esfera continúe eternamente el movimiento adquirido a velocidad constante. Esta tendencia a permanecer en movimiento sobre la horizontal, le permite explicar los movimientos rectilíneos uniformes, de manera que, si el arco se amplía hasta llegar a la horizontal se describe el comportamiento de un movimiento rectilíneo uniforme dado en la siguiente figura.

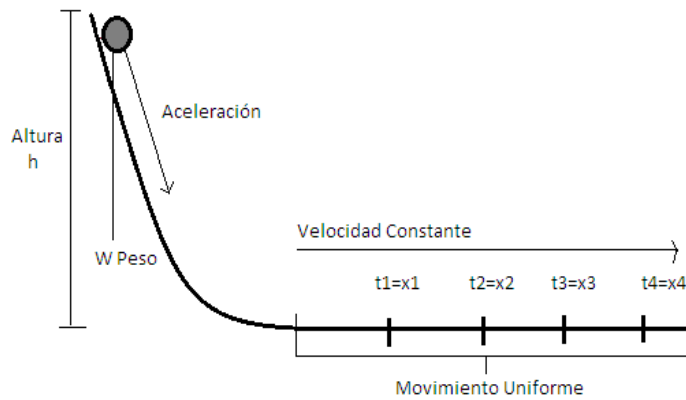


Ilustración 3. Galileo: Integración del movimiento sobre curva y el movimiento rectilíneo uniforme.

3.1.3 Sobre el movimiento uniforme.

Alcanzando el cuerpo una velocidad constante, ¿podría decirse que actúa alguna fuerza sobre éste? Pues bien, considerándose el movimiento uniforme sin alteraciones que impliquen un cambio en la velocidad, las interacciones presentes están en equilibrio, tratándose de la normal y del peso. Entonces, ¿es posible un movimiento uniforme sin la presencia de una fuerza total resultante?

Precisamente, aquí se pretende esclarecer que, el reposo y el movimiento son estados de un cuerpo, tratándose del estado de movimiento uniforme y del reposo, la sumatoria de fuerzas se equilibran, y por tanto, sólo en presencia de una fuerza resultante, habrá aceleración o cambio de velocidad en el objeto. De esta manera, la velocidad constante para Galileo se caracteriza en proporción de la distancia recorrida en segmentos de tiempo determinados, así:

$$V_{cte}: \frac{x_1}{t_1} = \frac{x_2}{t_2}$$

Realizando un esfuerzo en demostrar geométricamente y a través de segmentos las características del movimiento uniforme, especifica los movimientos aparentes encontrando que, en segmentos de tiempo menores, no siempre se conserva la misma proporción en relación a las distancias recorridas. Por tanto, no se trata simplemente de encontrar igualdad en la velocidad inicial y final recorrida por un móvil, sino, en segmentalizar los tiempos y

analizar si las distancias corresponden entonces a estas mismas proporciones⁷. Galileo especificó lo siguiente:

“Entiendo por movimiento uniforme aquel cuyos espacios, recorridos por un móvil en cualesquiera (quibuscunque) tiempos iguales, son entre sí iguales.

Me ha parecido bien añadir a la antigua definición (que llama simplemente movimiento uniforme, a aquel en que espacios iguales son recorridos en tiempos iguales) el vocablo “quibuscunque”, o sea en tiempos cualesquiera iguales; porque puede suceder que el móvil recorra espacios iguales durante tiempos iguales, y que sin embargo no sean iguales los espacios recorridos durante algunas fracciones mas pequeñas, aunque entre sí iguales, de esos mismos tiempos” (Galilei, 2003). Esta advertencia que realiza Galileo se considera un elemento importante sobre cómo analizar el carácter uniforme en un movimiento rectilíneo.

Así mismo, Isaac Newton por su parte, rescata el carácter relativo del movimiento, del observador y de los sistemas de referencia. Sin embargo concibe que, deba existir algo fijo en el universo que determine el movimiento absoluto de un cuerpo en el espacio, a lo cual asignó el fondo de las estrellas.

Así, con el interés de explicar el movimiento absoluto de la tierra plantea:

“Newton imaginó un cubo lleno de agua girando en torno a su eje vertical. En un principio el agua no parece moverse y su superficie permanece plana, como si el cubo estuviera en reposo. Sin embargo, poco a poco el movimiento del cubo pasa al agua por intermedio de las fuerzas de fricción y ésta termina por girar junto con el cubo” (Ben Dov, 1999).

⁷ Dos móviles A y B viajan durante dos horas, el móvil A se mueve durante la primera hora a 100Km/h y la segunda hora maneja una velocidad de 50Km/h; el móvil B se mueve a 75Km/h. Si se compara la distancia recorrida en ambos móviles, se encuentra que es 150 Km, sin embargo, el móvil A sufre una disminución en la velocidad que hace que éste llegue al mismo tiempo que B, para lo cual, B conserva una velocidad constante. Si se representan en segmentos los tiempos y espacios recorridos de A, se observa que los espacios recorridos por éste dejan de ser proporcionales a los segmentos del tiempo, y por tanto, cumple con ser un movimiento uniforme aparente.

Así mismo pone a trasladar el cubo y analizar los movimientos a través de las fuerzas centrífugas y de traslación, donde manifiesta que existe una composición de movimientos, que alternan las percepciones obtenidas del hecho.

Por lo tanto, una dificultad para Newton de explicar el movimiento absoluto de la tierra, para un observador ubicado sobre el cubo (sobre la tierra, girando junto con ella) no puede invocar las mismas leyes físicas para un observador ubicado desde afuera. El primero podrá percibir el cuerpo estático, mientras que el segundo, no sólo percibe la aceleración centrífuga sino también la traslación.

Newton rescata la oposición de la masa ante un cambio en el movimiento, sin embargo, no diferenció esta propiedad de la masa en los movimientos horizontales y verticales. Por lo tanto, Albert Einstein advierte que son dos masas que se miden y actúan totalmente diferente. La primera de oposición ante un movimiento horizontal como el empuje de un cuerpo, se comporta independientemente de los efectos de gravedad que son exactamente los mismos en cualquier instante; en la segunda, la resistencia que opone todo cuerpo a caer, se ve influenciada por efectos de la gravedad. Entre ambas, la diferencia radica en que la gravedad interviene directamente sobre el comportamiento del objeto en caída pero es la misma en los movimientos horizontales, por lo tanto, la resistencia de la masa ante movimientos verticales se denomina *masa gravitacional*, y en movimientos horizontales se conoce como *masa inercial*.

Para Newton existía probablemente la acción de una fuerza a distancia como mecanismo por el que se transmitía la influencia de los planetas hasta entonces no descubierto (Russell, 1985). Pues bien, ¿cuál fue el aporte de Newton a la concepción del movimiento?

El trabajo de Newton fue directamente integrar los avances establecidos por Galileo y otros científicos desde la geometría hasta la construcción matemática de la generalización de principios establecidos para la descripción del movimiento, *Newton se paró sobre hombros de gigantes*. Tras toda su influencia política y social, reforzó las ideas construidas hasta el momento, formalizando las ecuaciones matemáticas que representan conceptos y definiendo la ley de la inercia, como principio de comportamiento de los cuerpos. La

riqueza conceptual de Newton comprende el trabajo experimental y los esfuerzos en matematizar un conocimiento que permite ser descrito a partir de un lenguaje simbólico.

Seguidamente, se planteará comparativamente el trabajo realizado por Aristóteles, Galileo y Newton en la comprensión del movimiento de los cuerpos en el mundo supralunar y sublunar:

MOVIMIENTO	
El Mundo Supralunar	El Mundo Sublunar
El Pensamiento de Aristóteles	
Para Aristóteles el movimiento de los astros recorre trayectorias circulares perfectas. No existe imperfección, en la superficie de la luna no existen los cráteres y las manchas solares no son más que apariencias de la observación. De esta manera, la tierra se concibe inmóvil y centro del universo.	El mundo sublunar era considerado imperfecto, con movimientos locales violentos a causa de una fuerza aplicada o movimientos naturales como tendencia de los cuerpos a ocupar el espacio que le corresponde. Éstos son todos en línea recta por naturaleza. Por tanto, la caída depende del peso de los objetos.
El Pensamiento de Galileo	
Galileo incorpora los movimientos supralunares de Aristóteles a los movimientos sublunares, elimina el carácter de perfección de los cielos, y les atribuye similitud a los comportamientos de los objetos en la tierra. Adicionalmente, considera que pequeños segmentos de un movimiento circular corresponden a trayectorias en líneas rectas, y por tanto se compone de éstas. El movimiento horizontal, sobre curvas, planos inclinados y caída libre, representan un comportamiento semejante de los cuerpos. Retoma los trabajos realizados de Nicolás Copérnico y Johannes Kepler para sustentar que la tierra se mueve en torno al sol junto con los demás planetas. Realiza observación de las manchas solares y construye la trayectoria descrita por la tierra de forma circular, así mismo, estudia la superficie del sol y de la luna, para decir que se muestran defectuosos al telescopio, describe los cráteres y fases de la luna. A partir de ello, construye la idea de que los movimientos son relativos en relación al	

observador, y no absolutos como consideraba Aristóteles.
El Pensamiento de Newton
Isaac Newton se “ <i>para sobre hombros de gigantes</i> ” para formalizar el conocimiento hasta entonces construido. Considera que los movimientos son relativos al observador, sin embargo, atribuye que las estrellas fijas son inmóviles y por lo tanto, a partir de éstas se habla de un movimiento absoluto de los cuerpos.
Caracteriza el concepto de fuerza desde la perspectiva de la interacción, y no desde el aislamiento del cuerpo de su entorno físico. Especifica la tendencia de los cuerpos en relación a la masa a conservar su estado de movimiento y construye el principio de inercia.
Finalmente, hace uso racional de las matemáticas y formalismos lógicos para construir las tres leyes del movimiento sintetizando en ecuaciones los conceptos que describen comportamientos.

En este sentido, se dimensiona la concepción del movimiento desde una perspectiva fenomenológica a través del carácter contextual e histórico, donde se retoman ejes importantes que describen el fenómeno como es: el carácter relativo del movimiento; el observador y los puntos estratégicos de referencia; la interacción; estados de movimiento; trayectoria y formalización; los cuales serán descritos a continuación.

3.2. Carácter Relativo del Movimiento

Recogiendo lo anterior, es posible entonces caracterizar las formas a través de las cuales el movimiento adquiere un carácter relativo. Veamos a continuación dos perspectivas a partir de las cuales es posible caracterizar el movimiento como relativo:

- El Movimiento Planetario: La Tierra en ausencia y presencia de Movimiento.

Hasta antes de Copérnico la tierra era considerada de carácter inmóvil, orbitando alrededor de ella todos los astros. Concebir la tierra como inmóvil, hacía que todos los cuerpos del mundo sublunar se movieran en relación a la tierra, sin embargo, en la bóveda celeste, muchos fenómenos no podían ser explicados. Es así como, Ptolomeo y posteriormente, Copérnico, justificaron cómo la tierra también se movía alrededor del sol, de manera que,

un cuerpo que podría parecer en reposo dentro de la tierra, sin embargo lleva el movimiento de ésta.

Así, la caída de un objeto después de ser lanzado hacia arriba y quedar en el aire durante algunos segundos, cae de nuevo al punto de donde es lanzado, animado por el movimiento de la tierra, y no unos cuantos kilómetros atrás. No obstante, para la persona que lanza el objeto, éste no recorre distancia horizontalmente, mientras que, para alguien ubicado en la luna por ejemplo, ha recorrido aproximadamente 30 kilómetros en un segundo.

Así mismo, para dar cuenta del movimiento de la tierra, se recurre a explicar fenómenos tomando el sol como referente inmóvil. Si se tiene en cuenta que éste también se traslada junto con la galaxia, y que este movimiento no es percibido desde la tierra, entonces el movimiento es relativo.

Ahora bien, ¿Cómo se conciben los movimientos locales desde lo relativo?

- Los Movimientos Locales

Cuando se trata de los movimientos locales el individuo se basa en los datos sensoriales para determinar qué sucede en relación a los fenómenos que ocurren en frente de él, por ejemplo, cuando se encuentran dos barcos, lejos de la costa, acercándose uno al otro. Podría pensarse que el otro barco se acerca, o el nuestro marcha hacia atrás, estando el otro barco en reposo. Consecuentemente, cada barco manifiesta un posible movimiento relativo, y por tanto es imposible determinar cuál de los dos se halla “*realmente*”⁸ en movimiento (Ben Dov, 1999).

Russell (1985) ejemplifica así el carácter relativo del movimiento, si una persona va en un tren y se dirige hacia el vagón del restaurante, de momento piensa que el tren está fijo y valora su movimiento en relación a él, pero cuando piensa en el viaje que está haciendo juzga a la tierra como fija y afirma que se está moviendo a 90Km/h. No se puede afirmar

⁸ Aquí, la palabra “realmente” está entre comillas debido a que se cuestiona el hecho de ¿qué es real? O si ¿existe un “movimiento real”? La palabra se atribuye para designar la percepción de un movimiento absoluto y único.

que una de estas formas de estimar el movimiento sea más correcta que la otra, sólo es posible explicarlo en la medida que dependa del observador y la ubicación respecto al sistema. Tener en cuenta este carácter, permite volver inteligible el fenómeno del movimiento en relación a otros cuerpos, como puntos de referencia que permiten observar subjetivamente; así, la caída de una piedra desde el mástil de un barco es vertical cuando el espectador se encuentra dentro; en línea diagonal o semiparabólica hacia atrás cuando se encuentra en la costa, o en otro barco B con una velocidad mayor.

3.3. El observador y Puntos estratégicos de Referencia

Con Galileo Galilei se da un giro al panorama de la explicación de fenómenos y adquiere importancia la ubicación y el papel del observador.

La ubicación, velocidad, distancia, tiempo y sentido se convierten en variables que finalmente dependen del espectador y de los puntos de referencia en los que se encuentre. Por tanto, creer que existe una forma única visual aparente, genera la idea de un único movimiento. En palabras de Bertrand Russell (1985): “Cuando dos observadores perciben lo que ambos consideran como un suceso, entre sus percepciones hay ciertas semejanzas y también ciertas diferencias... Algunas de estas, debidas a la diversidad de talento de los propios observadores, otras veces, a sus órganos sensoriales, y otras, a las diferencias de su situación física. Ésta última es la que consideramos más importante... si dos hombres oyen hablar a un tercero y uno de ellos está más cerca del que habla, oírán los sonidos más altos y un poco antes de que pueda oírlos el otro. Si dos hombres ven caer un árbol, lo ven desde ángulos diferentes. Tales diferencias podrían hacerse igualmente patentes mediante instrumentos de grabación”.

Los puntos estratégicos de referencia pueden representarse en posiciones en el espacio-tiempo que permiten delimitar una región del espacio sobre el cual hacer lectura del movimiento. Los individuos de forma inconsciente establecen un referente para hablar sobre algún suceso a través de marcos temporales y espaciales en coordenadas específicas.

Imagine varias cámaras localizadas alrededor de una habitación, cada cámara arroja una información diferente en relación a los sucesos que se presenten, incluso si las fotografías son tomadas en los mismos instantes de tiempo. Para Viennot, todos los puntos de

referencia donde se encuentre el observador permitirán advertir diversas lecturas independientemente del suceso. Propongo el siguiente ejemplo: “Estamos en el metro de Chatelet en un gran pasillo donde dos inmensas cintas transportadoras permiten recorrer más rápidamente. Un hombre A está parado sobre un andén fijo, el otro, B, está sobre una de las cintas transportadoras acodado en la barandilla. Sobre esta misma cinta va andando un hombre C. Los dos primeros A y B le miran” ver ilustración 4.

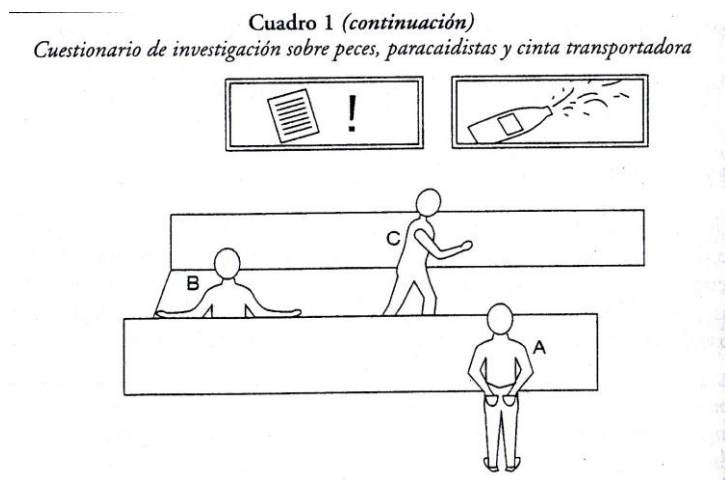


Ilustración 4. Representación del movimiento a través de puntos estratégicos de referencia.

¿Cuál es la velocidad que percibe cada observador para el movimiento del hombre C? o ¿a qué se debe que la distancia recorrida por C en un sólo paso sea distinta para ambos observadores? Es notable reconocer que cada espectador se encuentra en puntos de referencia diferentes, el hombre A percibe al hombre C llevar un movimiento al caminar sumado con el de la cinta, mientras que para el hombre B se hace despreciable esta influencia y asume la velocidad y el desplazamiento a medida que anda. Por su parte, si el hombre C se encuentra de pie sobre la cinta transportadora, para B está totalmente en reposo, para A, éste se encuentra con el movimiento de la cinta transportadora. Es así como deja de concebirse el movimiento único y absoluto, y pasa a depender en cierta medida de la observación e interpretación que se haga de él.

La intención de preguntar cuál es la velocidad del hombre C percibida desde A y B, se acerca un poco al reconocimiento del principio de adición de velocidades planteado por Galileo, en este sentido, la velocidad percatada para el hombre A sería entonces la sumatoria de la velocidad del tren, la cinta y del hombre C al caminar. Mientras que, si el

hombre C anduviera en dirección contraria, su velocidad sería entonces la diferencia de la velocidad que adquiere al caminar, con aquella que lleva el tren sumada con la de la cinta.

Aunque para Galileo era importante asumir el rol del observador, el comportamiento de la naturaleza corresponde al principio de adición de velocidades por él propuesto, sin embargo, la posterior aclaración que hace Albert Einstein consiste en que, si en lugar del hombre C se tratara de un rayo de luz, la velocidad del tren no podría adicionarse para un observador externo, pues, la velocidad máxima alcanzada corresponde a los niveles de la velocidad de la luz.

De acuerdo a lo anterior, el sentido común elimina las posibilidades de juzgar definitivamente los objetos; resulta entonces necesario distinguir entre lo que pertenece al observador, lo que es propio del hecho observado, y de los factores que intervienen. Así pues Russell, (1985) considera que:

“las propiedades espaciales y temporales de los hechos físicos resultan ser en gran parte dependientes del observador, y sólo una pequeña parte debe atribuirse a los hechos físicos”

“un astrónomo interesado en el universo estelar puede añadir a este movimiento el del sol en relación con el movimiento medio de las estrellas, sin embargo, no se puede afirmar que esta forma sea más correcta que otras” De ahí que, los individuos expresen a partir de la observación propia y de las diferentes perspectivas, el movimiento relativo de los cuerpos.

3.4. Interacción

El movimiento es dinámico, relativo y deja de ser aislado para adquirir nuevos significados cuando se hace referencia a la interacción.

Con los aportes de Aristóteles se consideraba la fuerza como algo aplicado o transferido directamente de un cuerpo a otro, así, al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se adquiere un movimiento; sin embargo, cuando ésta cesa o se acaba, el cuerpo se detiene. Desde este modo, para lograr continuidad en el movimiento, se requiere de la impresión constante de una fuerza. Por lo tanto, el movimiento se considera como un cambio de lugar y de carácter infinito si la fuerza que origina el impulso se aplica permanentemente, de manera que, en

ésta dependencia en relación a la causa no se reconoce la conservación del movimiento (Patiño, 2001).

Ahora, imagine que se encuentra viajando en una nave por el espacio exterior, donde se supone que no hay fuerzas externas actuando en ella, en el vacío, la nave viaja estable y de repente, el combustible se acaba, ¿qué cree que sucede con la nave?, desde la perspectiva de Aristóteles, la nave se detendría inmediatamente y quedaría estática, debido a que se acaba el motor que aplica la fuerza.

Posteriormente, para Galileo la fuerza deja de ser propiedad de los cuerpos, sino como resultado de la interacción entre agentes físicos; en ausencia de fuerzas se tiende a conservar el estado de movimiento (uniforme) sin necesidad de seguir siendo impulsado. Galileo reflexionó experiencias sobre planos inclinados y caída de cuerpos en diferentes medios incluyendo el vacío. En una de ellas manifiesta haber soltado desde la Torre Inclinada de Pisa en Toscana (Italia) dos cuerpos de distinta masa como balas de cañón, y encuentra que ambas caen al suelo de acuerdo con el mismo aditamiento de velocidades, adicionalmente la forma del objeto interactúa con el aire, de manera que éste opone resistencia a la caída. Igualmente, si se trata de un movimiento rectilíneo, la interacción de la superficie con el suelo genera cierta oposición a la continuación del movimiento, pues entre mayor sea la rugosidad de los materiales, mayor es la fricción que se genera.

Desde la perspectiva de Newton la gravedad se concibe como la atracción entre dos cuerpos dirigida hacia su centro, en efecto, tal atracción actúa en relación directa con la masa, pues entre mayor sea la masa, mayor atracción gravitacional. De esta manera explica:

“Siempre utilizaré indistintamente los términos atracción y gravitación al hablar de los cuerpos, sea que tiendan sensiblemente unos hacia otros, sea que giren en orbitas inmensas alrededor de un centro común, sea que caigan a la tierra, sea que se unan para componer cuerpos sólidos, sea que se agrupen en gotas para formar líquidos...” (Arouet, 1996).

“Todo cuerpo desciende alrededor de quince pies en el primer segundo, cualquiera que sea el lugar de la tierra donde esté ubicado. Observamos que la caída de los cuerpos se acelera al descender sobre nuestro globo; al caer es evidente que todos tienden a aproximarse al centro del globo, ¿no existe alguna potencia que los atraiga hacia ese centro? Y tal potencia, ¿no aumenta su fuerza a medida que el centro está más próximo?” (Arouet, 1996).

La presencia de fuerzas implica un cambio en ese estado, es decir, la disminución o aumento de velocidad y cambio en la dirección, así, la aceleración se atribuye como resultado de la influencia de una fuerza que altera el equilibrio de los movimientos rectilíneos (uniformes). En palabras de Newton:

“Todo cuerpo que gira alrededor de un centro sigue en cada instante una línea recta infinitamente pequeña, que llegaría a ser una recta infinitamente larga si no encontrara ningún obstáculo. El resultado de este principio, reducido a su justo valor, no es pues otra cosa sino que un cuerpo que sigue una línea recta siempre seguirá una línea recta; luego se requiere otra fuerza para obligarlo a describir una curva.” (Arouet, 1996).

Fenómenos como las mareas permiten relacionar la atracción gravitacional a partir de la interacción entre las masas de dos cuerpos. Ahora bien, se ha creído que la tierra por ser un cuerpo astronómico de mayor tamaño atrae a la luna; siendo así, ¿por qué no colisiona la luna con la tierra? Debido a que ello no sucede, Newton pudo explicar cómo los cuerpos independientemente de la masa, ofrecen atracción sobre otros, y oponen resistencia al movimiento.

Los aportes que responden al papel de la interacción en los movimientos, permiten contribuir a la caracterización de los estados de movimiento de los cuerpos, que serán abordados a continuación.

3.5. Estados de Movimiento

La idea de que los cuerpos tienen estados de movimiento, ya sea el reposo o el movimiento uniforme o acelerado, es algo que regularmente no se explicita en el aula. Por un lado, porque se concibe el reposo no como un estado de movimiento sino como la quietud misma, y por otro, porque las personas atribuyen a la fuerza la función de conservar un estado de movimiento. Pero, ¿qué es un estado?, podría describirse como la condición en la cual se encuentra el cuerpo en un instante de tiempo determinado.

Ahora bien, ¿en el estado de reposo existen fuerzas? Efectivamente, éstas se equilibran para mantener el cuerpo en ese estado, pues si existe otra fuerza, el cuerpo se altera, cambia de estado y sufre los efectos de la aceleración.

¿Cómo conservar el estado de movimiento de un cuerpo? Einstein se refiere un poco a este cuestionamiento: si se empuja un carrito y de repente éste es soltado, ¿cómo lograr que alcance un mayor trayecto? Entonces, existen dos posibilidades, la primera pulir el suelo y engrasar las llantas; la segunda, aplicar mayor fuerza. Pues bien, la acotación de Einstein va al error de dejárselo todo a la fuerza aplicada, pues, si se fijasen en las condiciones de fricción y perfeccionando las condiciones del movimiento, sin dificultad el carro continuaría recorriendo trayectos más largos.

En este sentido, los estados de movimiento cambian en la medida en que el cuerpo se vea afectado por fuerzas presentes, sin embargo, éste de acuerdo a la cantidad de masa, tenderá a conservar el estado de movimiento, de manera que, entre mayor sea la masa, mayor debe ser la fuerza presente para vencer la resistencia.

El principio de inercia explicitado por Newton plantea que “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él”. La inercia concebida como una propiedad de los cuerpos a conservar su estado de movimiento, determinada por la cantidad de masa del objeto.

Intente mover una nevera y un libro ubicado sobre la mesa, ahora responda la siguiente pregunta ¿para mover ambos cuerpos es necesario el mismo empuje? A esto se pretende hacer referencia, todos los cuerpos oponen cierta resistencia a cambiar el estado de movimiento en el cual se encuentren, unos más que otros, dependiendo de la masa.

3.6. Trayectoria del movimiento

La trayectoria corresponde a los puntos por los cuales pasa el objeto en un movimiento descrito por el observador.

Debido a que Galileo integra el movimiento curvilíneo con el movimiento rectilíneo uniforme a través de un mismo sistema explicativo, rompe con los esquemas del mundo Aristotélico, y abre las puertas hacia el desarrollo de concepciones teóricas con más profundas. En este sentido, la trayectoria de un cuerpo no se queda en la distancia que éste recorre cuando se traslada de un lugar a otro, como regularmente se enseña en la escuela;

sino que, exteriorizada al observador, permite magnificar cómo cada individuo comprende el fenómeno, siendo o no consciente de ello.

Es posible hacer ahínco en las encuestas aplicadas a los estudiantes porque permiten advertir en cierta medida, que se desprecia la idea de conservación de estados de movimiento, pues se pierde el movimiento inmediatamente es soltada desde el barco, y, segundo, no se asumen los efectos de la interacción gravitacional en la adición de velocidades para el eje y .

Newton posibilita relacionar las trayectorias de los movimientos circulares como composición de pequeños segmentos de línea recta que cambian de dirección. Así, antes de ser representados en formalismos las relaciones tiempo, distancia, y velocidad se utilizan como conceptos para manifestar el comportamiento de fenómenos a través de la experiencia misma.

Galileo propone el principio de independencia del movimiento rectilíneo uniforme, horizontal y el movimiento uniformemente acelerado o vertical, donde cada uno se comporta de forma independiente, como si el otro movimiento no existiera, por lo tanto, ambos son interceptados y arrojan una trayectoria definida por el objeto en caída, el lanzamiento horizontal, o el movimiento de proyectiles. Éste aspecto, permite especificar el comportamiento de la piedra desde que es soltada en el eje x y en el eje y , en relación a los agentes que intervienen como, la interacción gravitacional, la velocidad horizontal, así como efectos del rozamiento del aire.

A continuación, se procede a especificar la formalización de los hechos del movimiento.

3.7. Formalización del movimiento

Ahora bien, a continuación se intervendrá con los aportes de Galileo a la formalización del movimiento rectilíneo uniforme en axiomas y proposiciones que permiten explicar el fenómeno a partir de algunas relaciones conceptuales establecidas.

La historia nos muestra que el modo de formalizar el conocimiento corresponde a procesos a través de los cuales organizar las ideas y las formas de representar el mundo, a partir de ahí cada sujeto cognoscente es quien selecciona el proceso que considere más apropiado

para formalizar ese conocimiento, por su parte Galileo hace uso de los axiomas para determinar desde la proporcionalidad las condiciones en las cuales se pueden caracterizar los movimientos uniformes, veamos:

“Tratándose de un mismo movimiento, uniforme:

1. *El espacio recorrido durante un tiempo más largo, es mayor que el espacio recorrido durante un tiempo más breve.*
2. *El tiempo, en que un espacio mayor es recorrido, es más largo que el tiempo en que es recorrido un espacio menor.*
3. *Un espacio recorrido con mayor velocidad durante un mismo tiempo, es mayor que el espacio recorrido con menor velocidad.*
4. *La velocidad con que, durante un mismo tiempo, es recorrido un espacio mayor, es mayor que la velocidad con que es recorrido un espacio menor”* (Galilei, 2003)

De lo anterior, se encuentra que en un movimiento constante la velocidad siempre será constante, existe una relación directamente proporcional entre la distancia recorrida y el tiempo en el cual recorre esa distancia, así pues: *“Entiendo por movimiento uniforme aquel cuyos espacios, recorridos por un móvil en cualesquier tiempos iguales, son entre sí iguales”* (Galilei, 2003).

En la siguiente representación (ilustración 5) se puede observar que al segmentalizar el tiempo y el espacio, en cualquier fenómeno dado de movimiento, siempre existirá una relación directamente proporcional y equivalente entre ambas variables, de manera que al tomar cualquier segmento de tiempo t va a corresponder proporcionalmente el espacio recorrido.

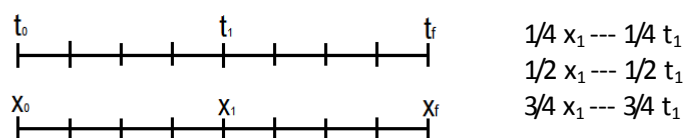


Ilustración 5. Representación del movimiento uniforme a través de segmentos.

Galileo advierte acerca de los falsos movimientos uniformes o *movimientos aparentes* pues al comparar intervalos de tiempo menores, es posible encontrar que el espacio recorrido no es el mismo, y por tanto el móvil sufre pequeños cambios en la velocidad (véase la ilustración 6). En ella se muestra el segmento de tiempo en relación al espacio recorrido, nótese la desproporcionalidad en la que intervalos menores de tiempo corresponden a distintos intervalos de X o espacio recorrido.

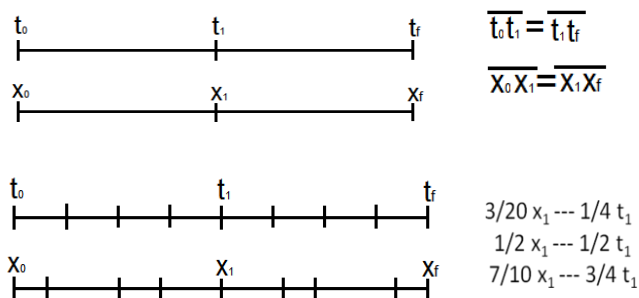


Ilustración 6. Representación del movimiento aparente.

Entonces, para Galileo el movimiento es uniforme, donde en cualquier intervalo de tiempo t corresponda proporcionalmente al intervalo de distancia x . Ver ilustración 7.

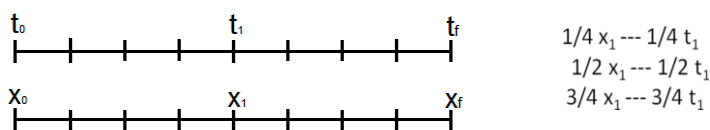


Ilustración 7. Representación de Galileo sobre el Movimiento Rectilíneo Uniforme

Para finalizar, se presentan los elementos para una propuesta de enseñanza de la física del movimiento enriquecidos por la historia de la ciencia y la experimentación, de tal manera que puedan contribuir a la enseñanza de la física en nuestro país. A continuación se plantean los elementos considerados para una propuesta de enseñanza de la física, el caso particular del movimiento.

Capítulo 4: Elementos Para Una Propuesta De Enseñanza

Dado que el problema de la enseñanza-aprendizaje de la física requiere docentes que reflexionen su práctica educativa y asuman su papel como mediador entre el conocimiento común de los estudiantes y el conocimiento científico, aquí se brindan elementos en torno al papel de la historia de la ciencia y el uso de la fenomenología, guiando el aprendizaje como un proceso a través de la formulación de preguntas, simulación de situaciones y reconstrucción de experiencias, en donde el estudiante intervenga como sujeto de construcción de su propio conocimiento en interacción con el mundo.

Es así como los elementos que aquí se presentan están dirigidos hacia docentes que reconozcan que una de las posibles formas de aprender física requiere la construcción de formas explicativas a partir de la experiencia y la reflexión como modos de comprender el mundo. Aquellos quienes reconociendo este aspecto, desarrollen actividades de clase a partir de las ideas de los estudiantes en un marco conceptual y explicativo propio.

Donde el docente dimensione elementos de una propuesta alternativa para la enseñanza de la física a partir del análisis de los hechos del pasado desde un enfoque fenomenológico promoviendo en el aula el planteamiento de situaciones y cuestionamientos que posibiliten en los estudiantes la construcción de marcos explicativos diversos coherentes en sí mismos, que pongan en juego las ideas de los estudiantes con las cuales comprenden y formalizan su mundo.

Se requiere de docentes que no limiten sus posibilidades de enseñar la física a partir de mecanismos meramente conceptuales y de formalismos matemáticos, sino que consideren esta propuesta educativa como un elemento para promover aprendizaje en los estudiantes a través de actividades, experiencias y cuestionamientos que promuevan el desarrollo del pensamiento.

Por lo tanto, con el objetivo de organizar y seleccionar algunos elementos importantes que se precisaron en la comprensión del movimiento, se retoma históricamente el trabajo de científicos que plantearon su propia visión del mundo, de ahí, se reflexionan los puntos de vista reconstruyendo características para explicar estos fenómenos y finalmente, se

diversifican algunos ejes que posibilitan comprender el carácter del movimiento. La intención es que el docente promueva situaciones a través de la historia de la ciencia hacia la reflexión de hechos, reconstruyendo algunas experiencias en el aula similares a las que tuvieron los científicos en su época.

Los elementos hacia una propuesta alternativa para el docente se constituye a través de elementos para la enseñanza de la física a partir de los siguientes *ejes articuladores* conocidos también como núcleos temáticos, en ellos se plantean situaciones, cuestionamientos, actividades y experiencias que puedan dirigir la práctica educativa.

Los Núcleos Temáticos

Los núcleos temáticos o ejes son interpretados a través del análisis histórico en textos originales como elementos indispensables que permiten explorar el fenómeno del movimiento para su comprensión, caracterización e interpretación, pues están presentes en los diversos hechos fenomenológicos. Éstos son categorizados así:

- a. El Carácter Relativo del Movimiento
- b. El Observador y los Puntos Estratégicos de Referencia
- c. La Interacción
- d. Los Estados de Movimiento

En los núcleos temáticos se resaltan situaciones y reflexiones que pueden ser utilizadas para direccionar la enseñanza y construir en los estudiantes características de la noción de movimiento. Preguntas como ¿porqué decir que los objetos se mueven y respecto a qué?, ¿por qué al hablar del movimiento de la tierra se piensa el sol en estado de reposo? o ¿por qué el movimiento de un barco no es el mismo para quien está dentro como para quien está fuera? Son importantes en la reflexión que se establece. De esta manera, se desarrollan elementos por cada uno de los ejes articuladores a través de los cuales se propone que el docente direcciona sus clases a partir de la experimentación, el debate, la explicación, la discusión y relación entre variables.

4.1 Carácter Relativo del Movimiento

Los estudiantes suelen tener una concepción absoluta del movimiento, consideran que éste es una propiedad de los cuerpos, pues cuando un objeto es percibido en movimiento, se rechazan otros análisis que puedan ser realizados por tratarse de ideas falsas o derivadas de percepciones aparentes.

De ahí que, sea un trabajo arduo en el aula propiciar reflexiones para que los estudiantes comprendan que no existe una única forma de dar cuenta del movimiento, partiendo de la interiorización en los comportamientos, de esta manera, se brindan ejemplificaciones sobre situaciones dimensionadas en dos aspectos: La Percepción y Los Movimientos Simultáneos.

Percepción.

La experiencia diaria permite al estudiante tener una imagen del movimiento, sin embargo, cuando sólo cuenta con los sentidos dejando a un lado un proceso de razonamiento reflexivo no es posible explicar coherentemente el fenómeno volviéndose éste poco comprensible, entonces ¿qué tan útiles son los datos arrojados por los sentidos? Analizar las siguientes situaciones.

Situaciones prácticas	Preguntas
Objetivo: Determinar a través de situaciones de la experiencia diaria las condiciones del movimiento.	
1. En las ocasiones en las que ha abordado un vehículo de transporte público:	¿Ha tenido la sensación de avanzar encontrándose el vehículo en reposo?, ¿Por qué sucede esto?
2. Una persona se encuentra dentro de un ascensor y no sabe éste a qué piso éste se dirige debido a su velocidad constante.	¿Cómo la persona puede determinar si el ascensor sube o baja? ¿Por qué no es fácil identificar el movimiento dentro del ascensor? ¿Qué elementos se tienen en cuenta?
3. Durante el filme de una película se muestran animaciones en las que una motocicleta va andando sobre la carretera, pero efectivamente	¿Cómo se genera la apariencia del vehículo en movimiento?, ¿Qué utilidad tiene la percepción de nuestros sentidos?

el vehículo está en reposo.	
4. Dos barcos se encuentran en altamar sin visibilidad de la costa.	¿Cómo es posible determinar cuál de los dos se encuentra en movimiento? Explique.

Tabla 6. Situaciones para analizar la percepción del movimiento.

De forma similar ocurre cuando como resultado de la influencia de agentes externos los sentidos obtienen respuestas aparentes en relación a los fenómenos.

Para comprender el movimiento no es necesario eliminar las ideas derivadas del diario vivir sino reflexionar en torno a ellas. Es importante ser consciente de qué puede ser un suceso aparente y aquello que probablemente necesita ser explicado desde diferentes puntos de vista, dependiendo del observador y los puntos estratégicos de referencia, donde estos elementos determinan el carácter relativo del movimiento, es decir, que éste mas que una propiedad es una condición en la cual se encuentra el objeto dependiendo del punto desde donde se esté observando.

Véase las siguientes situaciones y preguntas, representar y explicar:

Objetivo: Identificar la importancia del observador, su ubicación y los puntos de referencia como aspectos clave en la determinación del movimiento.	
1. Plantear puntos de referencia con los estudiantes para determinar el movimiento de diferentes cuerpos. Ahora bien, ¿Cuáles son las diferencias?, ¿Por qué los puntos de referencia son importantes para la determinación del movimiento? Determine y compare la condición o variación del estado de movimiento de cada objeto.	3. Lance un objeto hacia arriba. ¿Qué movimiento percibiría un observador ubicado fuera de la tierra?, ¿existe un movimiento real?
2. ¿Por qué cuando hablamos del movimiento de la tierra y otros planetas el sol se deja inmóvil en el sistema solar? ¿El sol es el punto de referencia? ¿Dónde está el observador?	4. Usted se encuentra dentro de un vehículo viajando a velocidad constante sobre una carretera. No sabe que se encuentra en movimiento a velocidad constante, ¿qué pensaría del movimiento de los árboles y demás objetos?

¿Cuál es el papel del observador en cada una de las situaciones?, ¿el movimiento es el mismo si el observador se encuentra dentro del objeto y por fuera de este? ¿Porque? ¿Cuál es el papel de la percepción?

Ahora bien, véase un aspecto importante del movimiento, la característica de ser simultáneo:

Movimientos simultáneos.

El movimiento resulta ser relativo cuando entra en juego o se reconoce el punto de referencia desde el cual se explica un fenómeno dado. En el siguiente cuadro se plantean situaciones y preguntas al respecto.

Situación	Preguntas
Objetivo: Explicar los distintos comportamientos de un cuerpo en relación a su estado de movimiento, percepción, y puntos de referencia, relacionar los fenómenos que se presentan a través de preguntas y marcos explicativos*	
1. Observar el estado de movimiento de un árbol, una montaña, o una mesa, ¿Qué movimiento registra para un observador que viaja en motocicleta, para alguien sentado en una silla del parque, y para otra persona ubicada en la luna?	¿La condición de movimiento cambia, sigue igual o es despreciable? Si las percepciones son distintas ¿qué velocidad podrían llevar en cada caso? ¿Alguno de los puntos de vista arroja un dato más certero sobre el movimiento del objeto? ¿Ello de qué depende?
2. Usted se encuentra dentro de un automóvil en movimiento sosteniendo en sus manos un objeto, otra persona B ubicada en el andén observa. ¿Qué movimiento percibe B del objeto?, y ¿usted qué percibe de éste?	Suponga que usted está observando fuera del automóvil, ¿la percepción del estado de movimiento se conserva o cambia?, ¿cuál es la causa de ello?
3. Si usted se encuentra sentado dentro de un autobús que viaja a velocidad constante:	¿Qué movimiento describe para alguien ubicado en la carretera?, ¿qué percibe un observador ubicado dentro del autobús?
4. Cuando una persona conduce en carretera un vehículo A con velocidad constante y se	Ahora bien, si el móvil B se encuentra a velocidad constante para un observador

encuentra con otro móvil B en sentido opuesto, lo que sucede es que: a. El móvil B está en reposo, mientras A avanza por la carretera. b. Desde el móvil A, no se percibe la velocidad a la que viaja B. ¿Por qué?	ubicado en carretera, ¿por qué desde el móvil A no se percibe este comportamiento de B? ¿Por qué entonces para un observador ubicado en la carretera se percibe del móvil B un movimiento a velocidad constante?
5. Si la tierra gira en torno al sol, como bien nos han sabido explicar entonces:	¿Cómo es posible explicar el fenómeno que se observa de salida del sol por el oriente y ocaso por el occidente?
6. Una persona ha sido puesta a volar de noche en un globo sin darse cuenta que está allí con un movimiento a velocidad constante, cuando se asoma sólo percibe destellos luminosos debajo de él. Ahora bien:	¿Qué explicación puede tener para él este acontecimiento? ¿Dónde puede estar?, ¿habría alguna forma de darse cuenta?

Tabla 7. Situaciones sobre movimientos simultáneos en relación al carácter relativo del movimiento.

* Para ello, presente cada situación de forma individual a modo de diálogo y discusión, especifique las preguntas clave, si es posible representen la situación que se plantea y que los estudiantes formulen sus propias preguntas.

Generar en los estudiantes este tipo de discusiones permite enriquecer puntos de vista respecto al movimiento que fundamenten las diversas posturas, pues bien, no se trata de cómo generalizar un fenómeno, sino de comprenderlo desde los enfoques que sean posibles, no de forma absoluta sino en relación a aspectos como el observador y los puntos de referencia que lo determinan. Siendo así, es importante que los estudiantes cuestionen el carácter absoluto del movimiento y comprendan que éste puede ser caracterizado a partir del estudio de fenómenos diversos.

Las situaciones permiten visualizar cómo la concepción de movimiento suele ser regularmente atribuida de carácter autoritario y absoluto como la única manifestación de un cuerpo ya sea que se encuentre en estado de movimiento o de reposo. Adicional a lo anterior es importante discutir si el reposo como un estado del movimiento mismo, pues se

evidencia que, en las encuestas los estudiantes justifican el estado reposo como la “*quietud*” misma.

A partir de las percepciones sensoriales se suelen construir ideologías del mundo como producto de las sensaciones percibidas para articular la comprensión de los hechos y comportamientos en el pensamiento ya sea de niños, adultos así como del pensamiento de los antiguos. No significa que esté mal explicar el mundo desde las estructuras e imágenes adquiridas de la experiencia, pues, lograr que los estudiantes utilicen para ello sus ideas y conocimientos es una ventaja para el aprendizaje, además se promueven reflexiones alternativas para ampliar y profundizar las formas de explicar sucesos.

Pues bien, ¿podría considerarse el estado de movimiento de un cuerpo simultáneamente en reposo y en movimiento?, ¿cómo puede justificarse esta idea? Otra pregunta importante que puede formularse es ¿cuál es el papel del observador ante el fenómeno o suceso?

Propiciar que los estudiantes cuestionen y relacionen diversas formas de explicar un hecho es muy útil para generar reflexión y por ende aprendizaje, teniendo en cuenta la ubicación y percepción del observador como quien determina el movimiento pues ¿es posible concebir una respuesta más real que otra para dos observadores distintos?

4.2. Los Puntos estratégicos de Referencia

Cuando se habla de movimiento intuitivamente se asume un marco de referencia que permite dar cuenta de éste, se concibe un punto en el espacio desde el cual se perciba el fenómeno (Viennot, 2002). Sin embargo, al no ser conscientes de ello se confunden los intentos de la razón por organizar el fenómeno con los datos derivados de la experiencia alejándose de la comprensión del suceso. Ahora bien, ¿los datos sensoriales permiten caracterizar el movimiento sólo como comportamientos aparentes?

Los puntos estratégicos de referencia indispensables para fundamentar el estado de movimiento de los cuerpos respecto a la ubicación en el espacio en relación a un observador, pues lo caracterizan como relativo. El estudiante que se asume como un observador del movimiento se convierte en un punto de referencia del fenómeno.

De ahí sea importante reflexionar: ¿cómo referenciar el movimiento de los cuerpos?, ¿cómo determinar el movimiento si observando dos móviles a largas distancias parece perderse la noción de movimiento?

Situación 1.

Dos barcos A y B en altamar a velocidad constante parecen alcanzarse en la misma dirección y sentido, no se percibe nada más que ellos mismos, entonces:

- a. El barco B adelanta a A.
- b. El barco A retrocede de tal forma que parece que el otro le alcanzara.

Existe una velocidad resultante con la cual se percibe que uno adelanta al otro, ¿de qué depende?

Justificar la ubicación del observador para la respuesta a y b. ¿Cómo podría justificarse que B retrocede?, si se tratara que alguno de los observadores tuviese una posición más universal para dar cuenta de un único movimiento, ¿cuál sería?

Ahora bien, los puntos estratégicos de referencia permiten ubicar en un cuadro espacial y temporal el fenómeno de tal manera que pueda ser analizado desde distintos observadores. A continuación se proponen hechos y situaciones en torno a fenómenos específicos del movimiento para promover razonamientos y formas de pensar en los estudiantes, he aquí algunos de ellos.

En Relación al Movimiento de la Tierra, Luna, Sol.

En la tabla 8 se plantean situaciones de análisis que puede utilizar el docente para reflexionar a través de la práctica.

Situación	Preguntas
Objetivo: Identificar y caracterizar el movimiento del sol, la luna y la tierra, así como de los movimientos de objetos de menor tamaño en relación a éstos.	
1. Para los estudiantes, es de aceptar que la tierra se mueve respecto al sol en órbitas circulares una vez cada 365 días. Cuando un objeto es lanzado hacia arriba:	¿Hacia donde debería caer?, ¿lo lógico sería que cayera atrás? Realizar la experiencia, ¿qué sucede?

2. Cuando se lanza un objeto hacia arriba desde una escalera eléctrica en movimiento:	¿El objeto cae nuevamente en manos de quien lo lanza? ¿Qué pasaría si se sostiene unos segundos en el aire? Realizar la experiencia, ¿Qué observa?, ¿qué de similar son los resultados a lo pensado?, ¿porqué la diferencia?
3. Imaginar que la tierra se detuviera inmediatamente.	¿Qué pasaría con los objetos que se encuentran dentro de ella? Aunque la velocidad de traslación de la tierra no es uniforme, ¿qué pasaría entonces si desacelera bruscamente?

Tabla 8. Situaciones sobre el carácter relativo del movimiento en la tierra.

Yoav Ben Dov comentó en su libro que si tan sólo el cuerpo fuera lanzado y suspendido unos segundos en el aire, durante el tiempo de regreso al suelo se quedaría unos tantos kilómetros atrás como la distancia recorrida por la tierra en un segundo.

Es importante que los estudiantes no asuman el movimiento como absoluto tal como se les ha transmitido de diversas formas y evidenciado en las encuestas aplicadas, sino que, se analicen situaciones y expliquen fenómenos con los cuales puedan sustentar comportamientos como por ejemplo porqué decir que la tierra se mueve así nosotros no lo percibamos.

Pues bien, ¿qué hechos de la naturaleza permiten explicar desde la tierra que los astros y demás planetas giran alrededor del sol? Analizar, mencionarlos y discutir sus fundamentos.

Con la intención de que el estudiante explique y fundamente algunas situaciones se plantean las siguientes actividades:

Actividad 1.

Haciendo una observación juiciosa y detallada de la bóveda celeste, es posible encontrar qué trayectoria recorren los planetas, ésta se denomina eclíptica. El comportamiento periódico de Marte percibido desde la tierra, muestra un recorrido con retrogradación en un momento dado, es decir que avanza y se devuelve, tal como lo describe el video. Ahora bien, ¿Por qué se percibe desde la tierra que Marte se devuelve?, ¿este fenómeno podrá percibirse igual siendo observado desde otro planeta? Explicar mediante un grafico el

fenómeno, hacer uso de los puntos de referencia a partir de los cuales el fenómeno es distinto y explicar el papel del observador.

Situación 4.

En la ilustración 8 se muestra el fenómeno de las fases de la luna, sin embargo la percepción está dada para un lugar en el ecuador de la tierra, sin embargo aunque ésta es una imagen estándar que se muestra en la web y libros de texto suele creerse que el fenómeno se comporta de ésta única manera. Entonces, de acuerdo con las fases que ha percibido de la luna ¿Cómo permiten explicar el movimiento de la tierra y la luna?

Reflexionar y discutir ¿a qué se debe la forma de las fases de la luna?, ¿porqué se observan de esa manera y no de otra? Explicar y utilizar gráficos representativos. ¿Cómo perciben este fenómeno las personas ubicadas en los trópicos?

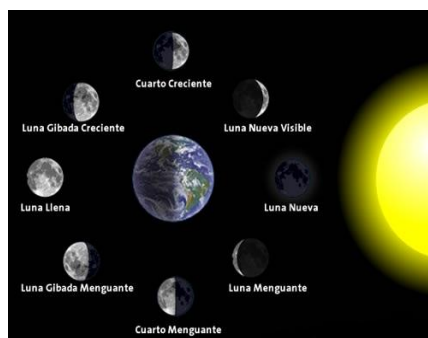


Ilustración 8. Percepción fases de la luna desde el ecuador terrestre.

Las explicaciones enmarcadas en un discurso dialógico con los estudiantes permite construir ideas desde la colectividad, teniendo en cuenta elementos importantes como son el observador y los puntos de referencia.

Situación 5.

¿Cuál es el movimiento de la luna y la tierra para causar un eclipse de sol? Utilizar esferas para construir modelos explicativos y cuestionar los distintos comportamientos. También responder preguntas como ¿Por qué no es posible percibir los eclipses todos los días?

¿Si la luna y la tierra fueran del mismo tamaño se presentarían eclipses?, ¿cómo serían?

Johannes Kepler contemporáneo de Galileo, seguidor de Nicolás Copérnico, se dedica a experimentar con la naturaleza explicando la forma en la que se mueven los planetas alrededor del sol, concibiendo éste como una estrella fija⁹ deduce el comportamiento de la tierra con una órbita elíptica con el sol en uno de sus focos. Ver ilustración 9.

Análisis: ¿Qué hechos pueden dar cuenta del movimiento elíptico de la tierra en torno al sol?

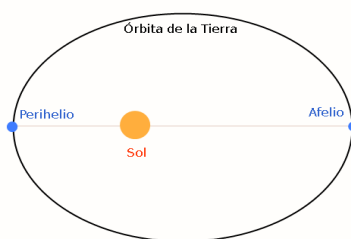


Ilustración 9. Representación de perihelio y afelio de la tierra respecto al sol.

Analice la experiencia diseñada por Foucault. En 1851 colgó del techo un peso de 5 kilogramos en una cuerda de 2 metros de largo, y lo puso a oscilar, consideró una estrategia en la que el peso sostenga una plumilla que deje marcas sobre el suelo según la trayectoria del péndulo.

Actividad 2.

Realizar la experiencia con un péndulo sostenido de su mano en movimiento de oscilación, simultáneamente girar con el péndulo, observar detenidamente los cambios que sufre en la trayectoria, ¿qué evidencia? Y ¿Cómo explica la variación dejada por el péndulo?

Sorprendentemente Foucault notó en las marcas sobre el suelo un leve cambio en la dirección del péndulo cada vez que iba y venía, pues aquellas representaban un cambio periódico (ver ilustración 10).

⁹ Idea heliocentrista, consideraba el sol como centro del universo.

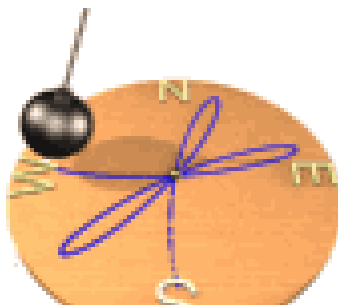


Ilustración 10. Fenómeno de rotación de la tierra: Trayectoria del péndulo de Foucault.

En relación al movimiento de otros cuerpos.

Situación 1.

Una persona A viaja en un tren bala a grandes velocidades, ¿cómo percibe el movimiento de los objetos que están afuera? En ese momento la persona decide levantarse hacia la parte de adelante del tren ¿cómo percibe su movimiento un observador B ubicado afuera?, ¿qué velocidad percibe B de A?

Ahora, si la persona desea caminar por el pasillo hacia atrás en el tren, ¿debe adquirir una velocidad mayor a la del tren para lograr moverse?, ¿porqué?

Dada la forma tradicional de enseñanza de la física el movimiento es explicado a partir de una fórmula matemática, sin embargo no se comprende a profundidad la importancia de reconocer que los puntos estratégicos de referencia y la ubicación del observador son indispensables para describirlo.

Situación 2.

Un avión se encuentra en vuelo a velocidad constante, simultáneamente un barco se encuentra en altamar a la misma velocidad pero en sentido perpendicular al avión, describir qué velocidad lleva éste para quien está dentro del barco, ¿qué velocidad y trayectoria observa una persona ubicada en la costa? ¿Por qué la variación?

Situación 3.

Ubicarse a bordo de un barco a velocidad constante y desde la proa deje caer una piedra, ¿ésta cae al agua en dirección de la proa o se retarda llegando a la popa?, ¿qué trayectoria percibe usted?, ¿qué trayectoria percibe un observador ubicado en la costa? Represente la trayectoria.

¿Cómo describe el movimiento la piedra para un observador en otro barco paralelo al nuestro a la misma velocidad?

En el siguiente apartado se plantean otras situaciones que el docente puede proponer en sus clases, en el cual se reconozca el movimiento descrito a partir de la interacción misma entre los objetos y los elementos del medio físico.

4.3. Interacción

El fenómeno del movimiento se estudia regularmente como el comportamiento de un cuerpo en un contexto físico aislado puesto que no se reflexiona la influencia de diferentes agentes entre ellos el aire, el suelo y otros objetos.

Peso y caída de los objetos.

Situación 1.

Ubicar un objeto en una pesa y registrar los valores arrojados. Luego, imaginar que hace lo mismo en la luna. Ahora bien, ¿algo falla debido a que se registran valores distintos?, ¿de qué depende?, ¿el peso es una propiedad de la masa?, ¿porqué existe mayor libertad de movimiento en la luna como si los cuerpos flotaran?, ¿Qué diferencias tendría un salto en la luna con uno en la tierra?

¿Por qué la luna no cae a la tierra si ésta la atrae por ser de mayor masa? Y ¿qué fenómenos perciben que la luna también genera atracción sobre la tierra? Son algunas preguntas que pueden formular discusión.

Actividad 1.

Soltar desde una misma altura una piedra y una bola de papel ¿qué se esperaría del tiempo y forma de caída? ¿Qué ocurre al realizar la experiencia? Posteriormente, coger dos hojas de papel de la misma masa y materia, arrugar alguna de las dos y soltarlas a la misma altura, ¿qué sucede?, ¿cómo justifica este comportamiento?

El peso de los cuerpos no satisface a cabalidad la igualdad en la caída, pues bien ello entonces ¿de qué depende?

Actividad 2.

Escoja dos objetos del mismo material pero de distinta masa, proceda a soltarlos a la misma distancia, indique cómo se presenta la caída de ambos. Mediante grupos de trabajo no mayor a 4 personas utilizar varios objetos para comparar el tiempo de caída, tabular y analizar los resultados en un cuadro como el siguiente:

Material	Peso objeto 1.	Tiempo de caída.	Peso objeto 2.	Tiempo de caída.	Elementos físicos en la caída del objeto 1 y 2.

Explique los comportamientos de cada cuerpo y compare con los otros objetos. ¿Porqué tienen ese comportamiento y no otro?

Actividad 3.

Realizar en grupos de trabajo la experiencia de Galileo de la página 43 soltando dos esferas de distinta masa en recipientes con medios cuya densidad sea distinta; observar, tabular y analizar los resultados. Discutir por grupos los resultados, dar un espacio para que se discutan preguntas hechas por los mismos estudiantes, de ahí el docente direcciona la clase y realice preguntas que sean resueltas de forma escrita y posteriormente socializadas: ¿varía la velocidad de caída de los cuerpos en distintos medios?, ¿porqué?, ¿existe alguna relación entre la densidad del medio y la masa de la esfera?, ¿cómo se manifiesta esta relación?

Actividad 4.

Se tiene un bloque de hierro y una hoja arrugada de papel, soltarlas desde la una misma altura, tome con un compañero dos cronómetros para medir el tiempo de caída de cada uno, ¿cuál esperaría que llegara primero al suelo?, ¿porqué? después de realizar la experiencia ¿qué ocurre?, dar un espacio para que los estudiantes realicen preguntas y se genere discusión grupal.

Ahora bien, ¿existe un elemento importante que no se ha tenido en cuenta?, ¿cuál es el efecto del aire en la caída de los cuerpos? Galileo en su experiencia de utiliza diferentes materiales para percibir la caída de dos cuerpos de distinta masa; las características del medio son indispensables para analizar el fenómeno del movimiento.

Soltar dos objetos de igual masa, uno de ellos en forma de punta ¿podría caer más rápido que otro de forma regular?, ¿cuál es el resultado?, ¿por qué sucede esto?

Complementando la actividad, analizar y proponer modelos para explicar cuestiones como: ¿los cuerpos pesan en el vacío?, ¿Cómo caen las esferas en el vacío?, ¿en qué condiciones podría pensarse que un cuerpo no pese?

Sobre la interacción en planos horizontales.

Situación 1.

Al momento de empujar una butaca ¿cómo lograr que ésta alcance una trayectoria más larga luego de ser soltada?

¿Por qué ésta finalmente se detiene después de empujarle con más fuerza?, ¿a qué se debe la dificultad de mover el vehículo? Si fuesen empujados en el espacio vacío ¿opondrían la misma resistencia? ¿Por qué?

Suponga que usted viaja por carretera en un vehículo y de repente éste se vara, para obtener un mayor trayecto después de empujado, ¿qué haría?

Imaginar que antes de empujar el vehículo se liman las asperezas de la carretera y se engrasan las llantas, ¿Qué pasaría? ¿Qué es más eficiente: empujar con más fuerza o pulir las superficies? Véase el ejemplo planteado por Albert Einstein.

Un carro es tirado por cuatro caballos y otro es tirado por dos, si son puestos en marcha ¿cuál de los dos marcha más de prisa? Al aumentar la condición de la fricción considerando un camino en trocha destapado ¿El carrito irá más lejos cuanto más pulido sea el camino? ¿Porqué?, ¿qué implicaciones tiene empujar con más fuerza sin intentar romper la resistencia o fuerza de fricción en el sistema?

Pues bien, si se aminoran los efectos de la fricción disminuyendo las influencias externas, logrando un camino perfectamente liso ¿dónde se detendría?

Imagine que la nevera se encuentra en estado de reposo, sin embargo se pretende ponerla en movimiento, ¿qué dificultad de presenta para hacerlo?

Si se logra empujar la caja de la ilustración 11 ¿qué sucede con la fricción?

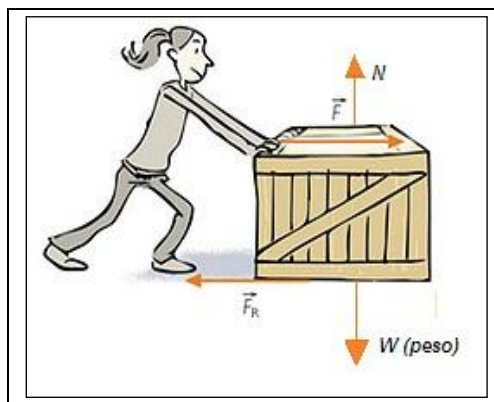


Ilustración 11. Empuje de un objeto.

Sobre el fenómeno de flotación.

En el caso de la flotación existe un equilibrio resultado de la interacción entre el objeto y el medio, pues bien, cuando se suelta una piedra en un estanque ¿qué sucede con la oposición del medio a la caída?, ¿por qué objetos más pesados como los barcos flotan?

Aunque la caída se concibe regularmente en un medio como el aire, en el agua es posible estudiar el movimiento y relacionarlo con el fenómeno de flotación. Véase a continuación.

Situación 1.

Si hiciéramos un barco de material como el iridio pero del mismo tamaño que el anterior barco, ¿qué sucedería al ser puesto en navegación?, ¿porqué dos barcos del mismo tamaño pero distinto material tienen comportamientos diferentes?, compare las características del medio y material del objeto ¿cuál es la interacción que se manifiesta?

Si el medio fuera de mercurio ¿la piedra se hundiría?

Y si el barco y el medio estuvieran compuestos del mismo material solo que en distintos estados físicos, ¿qué sucedería?:

- entran en equilibrio. Explique.
- el barco flota. Explique.

¿Cree usted que la densidad tiene alguna implicación en la determinación del comportamiento?, ¿porqué?, ¿a qué lo atribuye?

Después de chocar con el iceberg el Titanic pasa de flotar a caer en el medio, ¿cómo afecta el agujero la condición de flotabilidad del barco? ¿Qué interacción existe entre la densidad de los objetos?

Sobre los movimientos pendulares.

Actividad 1.

Realizar el montaje de un péndulo, puede tomarse como referencia el propuesto por Galileo en la página 52. Antes de realizar la experiencia considere: si la esfera es soltada desde el punto C, ¿cuál será la altura máxima alcanzada? y ¿Por qué?, ¿Qué impide que la esfera no alcance la misma altura en el otro extremo?

Ahora bien, si se ubica la línea horizontal DC un poco abajo, ¿qué altura alcanza la esfera en el otro extremo?, ¿los comportamientos son arbitrarios o de qué dependen?

De la experiencia, generar discusión y promover que los estudiantes realicen cuestionamientos y análisis para socializar.

Actividad 2.

Ubicar un plano inclinado sobre una mesa y suelte esferas de distinto peso y material sobre el plano, por ejemplo esferas de pin pon, canicas, pelotas plásticas, entre otras, usar un cronometro para tomar los instantes de tiempo en los cuales ésta llega al punto t, tal como describe la ilustración 12.

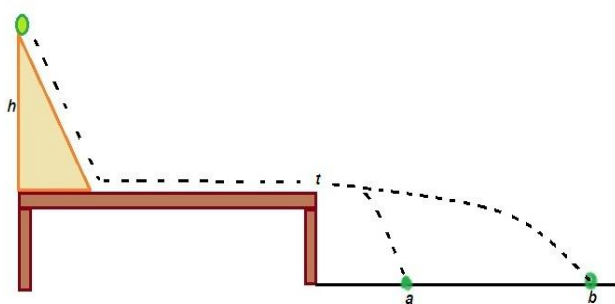


Ilustración 12. Planos inclinados.

Analizar previamente cuál es la distancia horizontal desde el punto t al disminuir la altura del plano, ¿de qué depende? ¿Cómo debe ser el tiempo de caída de las más pesadas?, ¿qué obtiene con la experiencia?

Utilizar superficies de diferente rugosidad, realice tabulaciones con las diferentes esferas y variando inclinaciones ¿cuál es el comportamiento de la esfera en la caída? ¿Hay esferas que llegan primero?, ¿porqué?

Ubicar en el otro extremo de la mesa un plano en sentido contrario formando un V, por cada esfera registre hasta qué punto llega en el otro extremo. Piense: Si el segundo plano tiene menor grado de inclinación, ¿hasta dónde llegaría la esfera?, ¿qué sucede con la experiencia y porqué?

Ubique el plano inclinado sobre el suelo de manera que el eje x sea infinito, proceda a soltar la esfera desde la altura máxima, ¿en qué punto ésta se detiene?, ¿porqué? Si la

fricción entre el suelo y la esfera disminuye considerablemente hasta ser despreciable ¿qué sucede con el movimiento de la esfera?

Explique la importancia de la interacción como aspecto que determina en cierta medida el movimiento de los cuerpos.

A continuación se desarrolla un eje sobre los estados de movimiento.

4.4. Estados del Movimiento

Construir conocimiento a través de la socialización de ideas en relación a los estados de movimiento permite volver inteligible la naturaleza, en palabras de Toulmin (1977) “... se construyen lenguajes, nociones, conceptos e ideas mediante las cuales el conocimiento humano halla su expresión”.

Pues bien, ¿de qué depende el estado de movimiento de un cuerpo?, ¿el reposo es un estado de movimiento?

En el caso de los dos barcos en altamar, para el observador dentro del primer barco, le parece que es el otro quien lo adelanta, sin embargo desde la costa probablemente pueda evidenciarse que éste es quien retrocede a velocidad constante. Pues bien, ¿existe un estado absoluto de movimiento?

Cambiar la condición de movimiento puede implicar un cambio de lugar del observador, sin embargo en las encuestas se evidencia que los estudiantes conciben el reposo como la quietud absoluta. De ahí que, en esta intervención se promueva una interdependencia entre los estados de movimiento y de reposo, veamos.

Situación 1.

Es el caso de una persona A caminando dentro del metro de Chatelet, con la presencia de dos observadores uno sentado en la barandilla B y otro ubicado afuera del metro (hombre C) (ver ilustración 4), ¿qué percibe el hombre A y C del estado de movimiento de B?, ¿qué

estado de movimiento presentan los cuadros dentro del metro para el hombre B y C?, ¿el movimiento es absoluto?

Análisis 1.

En una montaña rusa se percibe cierta sensación de vacío cuando hay un cambio de pendiente ¿cómo se explica este comportamiento?, ¿qué cambios de estado se presentan?

Situación 2.

El bus de transporte público frena de repente y las personas dentro de éste tienden a irse hacia adelante como si fueran empujados por “algo”, ¿por qué sucede esto?, ¿en qué dirección experimenta la sensación una persona sentada de espalda al conductor? Dentro del autobús hay personas delgadas y muy robustas, ¿quiénes experimentan mayor sensación?, ¿porqué no es la misma para todas las personas? Y ¿de qué depende la facilidad de los cuerpos de cambiar su estado de movimiento?

Actividad 1.

Diseñar un movimiento sobre rieles de aire, con ayuda de un tubo de 3 metros de largo, fuentes de aire, elásticos y un móvil. Abra agujeros pequeños en los costados del tubo y conecte el propulsor de aire con una velocidad determinada, en el extremo de la pared ubique los elásticos y proceda a poner sobre los rieles de aire un carrito que será empujado. Previamente intente explicar si luego de ser empujado el carrito continuará su movimiento. ¿Existe resistencia para ser puesto en movimiento?, ¿qué esperaría del movimiento al chocar con el elástico?, observe la experiencia, diga que sucede y ¿porqué continúa en movimiento? Si el carrito estuviera en el pavimento ¿cuál sería el comportamiento?

Sobre la inercia de los cuerpos.

La propiedad de inercia de los cuerpos es un aspecto que integra todas las situaciones mencionadas anteriormente, concebida ésta como la tendencia de conservar un estado de movimiento, dado que el cuerpo opone cierta resistencia ante el cambio.

Análisis 1.

En el caso de los rieles de aire ¿el carrito disminuye su velocidad después de puesto en movimiento?, ¿por qué?, si se aumenta la masa del carrito tres veces ¿éste se detendrá y porque?, ¿Qué influencia tiene la cantidad de masa en la continuación o cambio de movimiento?

¿Qué implicaciones tiene la fricción con la conservación de movimiento de los cuerpos?, ¿en qué situaciones es posible evidenciar que la cantidad de masa determina la conservación de movimiento?

Análisis 2.

Si tuviéramos una nevera sobre el suelo, donde ambas superficies son totalmente lisas, engrasadas y con cero rugosidades, ¿existiría alguna dificultad de ponerla en movimiento teniendo en cuenta su peso?, ¿el peso tiene que ver en cuanto a la conservación de movimiento?, ¿Qué otros factores entran en juego?

Pues bien, en relación a la conservación de movimiento, existe una propiedad de los cuerpos que es proporcional a la masa y es el carácter inercial, sin embargo ésta es variable dependiendo de los demás aspectos físicos que son importantes, como por ejemplo la fricción.

Situación 1.

Un avión que viaja a velocidad constante soltará un paquete que debe caer en el blanco según la ilustración 13, ¿En qué punto debe ser soltado?, ¿qué elementos tiene en cuenta para dar un criterio a la anterior pregunta?, describa el movimiento que lleva el paquete al momento de ser soltado.

¿Después de ser soltado el objeto conserva el movimiento alcanzado?, ¿en qué varía y porqué?

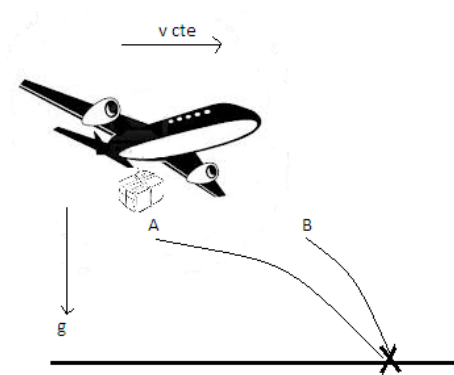


Ilustración 13. Movimiento de proyectil.

Para un observador dentro del avión ¿qué movimiento percibe del proyectil? Para otra persona se encuentra paralelo a una distancia de pocos metros frente a la línea del punto X, ¿qué movimiento describe el proyectil?, y ¿qué percibe un observador ubicado debajo del punto A?

Siendo el carácter inercial de los cuerpos la tendencia a conservar el movimiento, véase las siguientes circunstancias.

Actividad 1.

Realizar una experiencia donde un objeto en caída libre reciba un empuje horizontal. ¿Éstos cambian inmediatamente la dirección, velocidad y sentido que traían en la caída? ¿Por qué? ¿Qué influencia tiene el empuje en la caída del objeto?

Recordando las personas del bus que en movimiento a velocidad constante cuando éste frena de repente, ¿los cuerpos manifiestan la misma tendencia a conservar el estado de movimiento o en que varía esta propiedad inercial? ¿Qué pasaría con los comportamientos de la naturaleza si la inercia como tendencia a conservar el estado de movimiento no existiera?

Las situaciones, actividades y preguntas aquí planteadas se presentan con la intención de que el estudiante se cuestione y explique desde su propio punto de vista sucesos y fenómenos, de manera que los ejes articuladores aquí propuestos permitan dimensionar y comprender el movimiento como otra manera de explicar el mundo desde la integralidad y

correlación de hechos que les brinden los elementos para relacionar las formulas y leyes establecidas.

Finalmente, se propone que a través de las actividades el estudiante realice experiencias donde pueda comparar variables y proponer modelos explicativos ante los fenómenos presentados y evidenciados en su cotidianidad. De esta manera, los elementos son presentados desde la fenomenología y esperamos que sean de gran utilidad para el docente.

Conclusiones

- ✓ A través del desarrollo de esta propuesta se puede concluir que el uso diacrónico de la Historia de la Ciencia se convierte en un elemento indispensable en las propuestas de enseñanza de las ciencias dado que posibilita comprender el origen y fundamento de las estructuras conceptuales de los estudiantes con las cuales explican su mundo, y se relacionan con aquellas utilizadas en el pasado por los científicos de diferentes épocas, para construir a partir de allí propuestas derivadas de experiencias cotidianas para el desarrollo de fundamentos en la comprensión del comportamiento del mundo físico.
- ✓ La historia le permite al docente adentrarse en la comprensión sobre las formas y aportes que históricamente se hicieron en la construcción del conocimiento, de ahí, éste deja de tener un carácter verdadero, único, absoluto y acumulativo, por ser las diversas formas de representación del mundo. De ahí, la ciencia que se enseña cambia, el papel del docente, la forma de aprender del estudiante y la idea de conocimiento.
- ✓ Se reconoce la Historia de la Ciencia como un elemento para el docente en la selección y organización de hechos fenomenológicos y experiencias clave en la enseñanza de la física del movimiento a través del diseño de cuestionamientos y

situaciones donde el estudiante construya sus propias explicaciones y reflexiones coherentes sobre el comportamiento de los cuerpos en movimiento.

- ✓ En este sentido, se brindan elementos para propuestas de enseñanza donde el conocimiento deje de ser reducido a productos, conceptos y fórmulas hacia otras dimensiones reconociendo su desarrollo, avances, retrocesos y recontextualización del mismo. De esta manera, el sujeto desempeña el desarrollo de su propio conocimiento, contextualizando sus ideas y respondiendo a la necesidad de erradicar una imagen estereotipada de la ciencia hacia nuevos sentidos sociales a partir de la intervención y construcción colectiva.
- ✓ El carácter sociocultural de la ciencia promueve en el aula la reflexión del entorno físico desde el enfoque social, científico, político y económico a través de la experimentación y modelización de ideas hacia la construcción y validación del conocimiento. Por lo tanto, éste originado desde la cultura misma y como herramienta para enfrentarse al mundo, se construye de acuerdo a las vivencias y experiencias de cada sujeto. De ahí que, el conocimiento no es quien permea a la cultura, sino que desde ésta es que se construye.
- ✓ El papel de la Experimentación como medio para acercarse al mundo, repensarlo, reflexionarlo e interactuar con él, construyendo formas y modelos explicativos en los individuos promueve el manejo consciente de variables, la correlación de procesos y comparación de hechos donde la práctica deja de ser subsidiaria de la teoría y adquiere importancia propia. De forma contraria, de una experiencia práctica mecanicista y sin objetivos claros surgen solamente cálculos y resultados matemáticos en la comprobación de la teoría establecida sin comprender e interpretar sus fundamentos.
- ✓ La experimentación desde el enfoque socio cultural abre camino a procesos de reflexión y comprensión del entorno físico en los estudiantes a partir de la interacción, de ahí los razonamientos derivados de experiencias en la historia son hechos clave para que el docente promueva en sus estudiantes la construcción de conocimiento.

- ✓ La Experimentación en el aula se enriquece por elementos brindados de la historia de la ciencia en la identificación de fenómenos, diseño de experiencias, montajes, ejercicios de simulación, semejanza de procesos y comparación de variables en la construcción de hipótesis, reflexiones y explicaciones del mundo.
- ✓ Durante este proceso se promovió que yo como docente construyera una concepción de movimiento a partir de la reflexión, experimentación y el debate sobre sucesos y hechos fenomenológicos con autores de la historia de la ciencia en sus textos originales y discusiones con el director de este trabajo. De ello, se profundizó de tal manera que me permitió dimensionar el fenómeno del movimiento a través de ejes temáticos que representan los enfoques contruidos en la propuesta a través de los cuales explicar el movimiento. De ahí, el Carácter Relativo del Movimiento, Los Puntos Estratégicos de Referencia, La Interacción, y los Estados de Movimiento, son elementos para la reflexión e intervención educativa enmarcados por el uso de la historia de la ciencia y la experimentación.

A continuación presento mi concepción en relación al movimiento de cuerpos:

- ✓ El movimiento deja de ser considerado como traslación de un cuerpo en el espacio de un lugar a otro, y pasa a ser comprendido como el fenómeno a través del cual un observador en un punto estratégico de referencia determinado da cuenta del estado de movimiento de un cuerpo y su relación con respecto a otros.
- ✓ El estado de movimiento no es absoluto, sino que depende de la condición en la que se encuentra el cuerpo en relación a otros agentes físicos y por supuesto de la ubicación de un observador específico en un instante de tiempo dado bajo determinadas coordenadas de referencia, de ahí que el estado de movimiento de un cuerpo es relativo y variable.
- ✓ El movimiento de un cuerpo depende no de su condición aislada sino de la interacción misma con el entorno, objetos, agentes físicos como el aire, y otras superficies, de esta manera las fuerzas que intervienen no son más que el resultado de ésta acción mutua.

- ✓ La fuerza de fricción no es la oposición del suelo u otra superficie al movimiento, sino que es un efecto resultado de la interacción del suelo con el objeto que se desliza sobre él que, debido a los niveles de aspersionidad o porosidad ocasionan el retardo del movimiento. Así es la fricción con el aire donde éste en interacción con el objeto retarda su caída. Por otra parte, el acto de empujar un cuerpo, no corresponde a una fuerza ejercida o aplicada por la mano de la persona, pues ésta depende directamente de la interacción con el objeto que tiende a oponerse a ser empujado, pues si éste no estuviese ahí la fuerza no podría verse presente.
- ✓ La forma como caen los objetos no depende de su peso directamente, sino de la interacción con el medio en el que caen, donde al variar el peso del objeto y la forma se presentan comportamientos totalmente distintos como la velocidad de caída pues entre más pesado mayor tendencia a conservar su estado de movimiento inicial. En caída libre pueden hacerse cambios de dirección hasta lograr un movimiento pendular en donde dependiendo de la altura alcanzada se reflexione sobre la causa por la cual el péndulo tiene un punto de máxima altura.
- ✓ Por otro lado, del movimiento pendular es posible recurrir a experimentos y ejemplificaciones en relación a planos inclinados y horizontales, analizando las características de fricción con el suelo, condiciones por las cuales se detiene, y en qué circunstancias continúa sin detenerse. A través de la fenomenología es posible integrar, relacionar y comparar los distintos movimientos sin recaer en las separaciones por formulas o leyes matemáticas.
- ✓ La inercia de los cuerpos como propiedad se manifiesta constantemente independientemente del fenómeno que sea estudiado. Pues ésta, determina en gran medida el comportamiento de los objetos y la descripción de su movimiento.
- ✓ Con la propuesta se contribuye a una de las posibles formas de construir conocimiento en el aula, sin embargo no se pretende que sea la única, pues una intervención en el aula derivada del enfoque sociocultural fomenta en el estudiante procesos reflexión y de acercamiento al mundo que lo rodea, de manera que se

asuma como un sujeto activo en su aprendizaje para la intervención social y cultural.

- ✓ Esta propuesta le permite al individuo interactuar con el medio social, físico y natural, propiciando el desarrollo de formas explicativas propias en relación a los fenómenos físicos. Además, brinda elementos para que el docente promueva en su práctica educativa la participación activa del estudiante en la confrontación y construcción de ideas.
- ✓ En cuanto al desarrollo del proyecto se constituyó desarrollando una lectura juiciosa y detallada de textos originales con el objetivo de construir y apropiarse un marco conceptual, histórico y fenomenológico sobre el movimiento, pues aunque el tiempo no bastó para lograr reflexionar e interpretar otros textos que aún están pendientes me permitió confrontar ideas, construir explicaciones, relacionar variables en fenómenos físicos y categorizar los núcleos temáticos establecidos posteriormente, con el propósito de comprender el fenómeno del movimiento y dimensionarlo desde el entorno mismo, pues ¿de qué manera podría realizar una propuesta de intervención donde los estudiantes construyan conocimiento si yo como docente no atravieso este proceso de aprendizaje?
- ✓ Tras perseguir este objetivo, el trabajo se constituye en seleccionar hechos fenomenológicos de mis experiencias propias y de la HC para analizarlos y explicarlos. Simultáneamente, construir los objetivos de una propuesta educativa enmarcada por el carácter socio cultural de la ciencia y la experimentación. Por lo tanto, se retoman algunos trabajos de pregrado en torno al fenómeno del movimiento así como de bibliografía que permitió ampliar y construir una noción clara sobre el movimiento de los cuerpos, en este sentido, se construye un marco teórico y explicativo.
- ✓ De ahí la aplicación de la encuesta con el objetivo de identificar las ideas previas en los estudiantes de décimo y once grado (10 - 11). Luego el diseño de la propuesta educativa.

- ✓ Es importante resaltar que, aunque no era considerado un objetivo principal está pendiente integrar la propuesta con procesos de formalización en el aula como complementos para un proceso de comprensión y construcción de conocimiento, pues éstos históricamente también permitieron representar conceptos, sintetizar procesos y relacionar variables en proporciones matemáticas y geométricas establecidas.
- ✓ Finalmente y en este orden de ideas, los elementos se diseñan como una herramienta para la enseñanza del movimiento de los cuerpos que permita impactar positivamente en un aprendizaje significativo en los estudiantes ya sea de bachillerato o de cursos universitarios. De hecho, el próximo objetivo será desarrollar e implementarla en un curso de física.

Quedo atentamente agradecida con aquellos docentes de física que lean detenidamente esta propuesta, comprendan el mensaje que les transmito y magnifiquen su práctica educativa con elementos como los aquí planteados, derivados de la perspectiva sociocultural y la historia de la ciencia.

Anexos

Anexo 1. Encuesta diseñada y aplicada en estudiantes de décimo y once.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGIA
Santiago de Cali, abril de 2013**

ENCUESTA

Edad: ____

Agradecemos contestar estas preguntas con la mayor concentración posible. Lea y piense detenidamente cada situación planteada, y ponga un criterio de falso (F) o verdadero (V) en cada enunciado. **Explique** con letra legible las razones que justifican su respuesta.

SITUACION 1: Imaginemos que estamos en una zona del mar de aguas tranquilas a bordo de un barco, y observamos que otro barco se acerca al nuestro, en la misma dirección. Sin embargo, estamos tan lejos de la costa que sólo vemos el otro barco.

A partir de esta situación, podemos afirmar que nuestro barco:

Se mueve.

F	V
---	---

Esta quieto.

F	V
---	---

Ambas.

F	V
---	---

Explica:

SITUACION 2: Estamos en uno de los dos barcos y dejamos caer una piedra desde la cima del mástil (parte delantera del barco). Si el barco está quieto, la piedra caerá exactamente a los pies del mástil. Pero si el barco está en movimiento con velocidad constante, podemos decir que:

- La piedra cae hacia la parte de atrás del barco.

F	V
---	---

- La piedra continúa en movimiento y cae nuevamente a los pies del mástil.

F	V
---	---

Explica:

SITUACION 3: Una persona ubicada en el mástil de un barco que se mueve con velocidad constante paralelo () a la costa, deja caer una piedra.

==

Otra persona que se encuentra en el muelle observa la trayectoria de la piedra.

Dibuje el movimiento que describe la piedra según sea semiparabólico (hacia atrás o adelante), o en línea recta.

Explique a qué se debe que la piedra describa tal movimiento.

SITUACION 4: Un hombre conduce un carrito por una calle horizontal, pero de repente **deja de empujarlo**. ¿Cómo será posible aumentar el trayecto que recorre después de empujado?

Puliendo más la calle y reemplazando las llantas por otras más delgadas.

F	V
---	---

Aplicando más fuerza al carrito.

F	V
---	---

Explica:

SITUACION 5: Imagina que tienes dos objetos en tus manos a la misma altura, uno con mayor masa que el otro. Necesitas determinar en qué tiempo caen ambos objetos si son soltados en el mismo instante. En esta situación, es posible afirmar:

- Primero cae el cuerpo más pesado.

F	V
---	---
- Ambos cuerpos caen al mismo tiempo.

F	V
---	---

Explica:

Anexo 2. Soporte original de las encuestas resueltas por los estudiantes.
(Documento word anexo a la carpeta de contenido del CD).

Referencias Bibliográficas

Arcà, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). Experiencia, Lenguaje, Conocimiento. En M. Arcà, P. Guidoni, & P. Mazzoli, *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base* (págs. 11-47). Barcelona: Paidós Educador "Rosa Sensat".

Arouet, F.-M. (1996). *Voltaire. Elementos de la filosofía de Newton*. (págs. 144-172). Cali: Universidad del Valle.

Ayala Manrique, M. M., Romero Chacón, Á. E., Malagón Sánchez, J. F., Rodríguez Rodríguez, O. L., Aguilar Mosquera, Y., & Garzón Barrios, M. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Bogotá: Kimpres.

Ayala, M. M., Malagón, F., & Guerrero, G. (2004). La Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. Representaciones sobre la Ciencia y el Conocimiento*, 79-91.

Ayala, M. M., Malagón, F., & Romero, A. (2004). De la Mecánica Newtoniana a la Actividad de Organizar Fenómenos Mecánicos. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. Representaciones sobre la Ciencia y el Conocimiento II*, 65-78.

Ben Dov, Y. (1999). Espacio y Movimiento. En Y. Ben Dov, *Invitación a la Física* (págs. 29-51). Barcelona: Andrés Bello, 29-51.

Carr, E. (1978). *¿Qué es la historia?* Harmondsworth, Londres.: Ariel Historia.

Caycedo, A. R. (2013). *Uso del Lenguaje en la enseñanza del Fenómeno del Movimiento En Física: Aportes para una Propuesta para la Formación Docente*. Cali: Universidad del Valle.

Chamizo Guerrero, J. A. (2005). La Enseñanza de la Historia de la Ciencia con Modelos Recurrentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 1-4.

Einstein, A., & Infeld, L. (2002). *La física, aventura del pensamiento. El desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos*. Buenos Aires, Argentina: Biblioteca de Obras Maestras del Pensamiento, (págs. 7-42)

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la Enseñanza. *Historia y Epistemología de las Ciencias*, 477-488.

Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Universidad.

Fumagalli, L. (2001). La enseñanza de las Ciencias Naturales en el nivel primario de Educación Formal. Argumentos a favor. *La enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria*, 21-32.

Galilei, G. (1977). *Diálogo sobre los sistemas máximos. Jornada Tercera*. Buenos Aires: Aguilar, (págs. 9-17)

Galilei, G. (2003). *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada, (págs. 95-113, 213-234)

Galilei, G. (1980). *Diálogos sobre los sistemas máximos. Jornada Primera*. Buenos Aires: Aguilar, (págs. 9-27).

García Arteaga, E. G. (2011). Modelos de explicación, basados en prácticas experimentales. Aportes de la filosofía historicista. *Investigación de calidad para el desarrollo humano y social. Revista científica No.14. Julio-Diciembre*, 89-96.

García Arteaga, E. G., & Izquierdo Aymerich, M. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el Aprendizaje. Aporte histórico y filosófico en la física de campos*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

García, E. G. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza - Neumática e hidrostática*. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. México: Paidós Ibérica S.A.

Hoyos Patiño, F. (2001). *Sobre Hombros de Gigantes: La Formación del Concepto de Inercia*. Medellín: Hombre Nuevo Editores E.U.

Kuhn, T. S. (Sexta reimpresión, 1985). *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Patiño, F. 2001. Cap. 1: Del Centro Del Mundo Al Planeta Tierra. *Sobre hombros de gigantes: La formación del concepto de inercia*. Hombre Nuevo Editores, (págs. 21-66).

Rivero Pérez, H., Mesa Carpio, N., & Torres Rivera, R. (s.f.). Propuesta para romper tradiciones en enseñanza de la física. *Universidad Pedagógica "Félix Varela"*.

Russell, B. (1985). *ABC de la Relatividad*. España: Ediciones ORBIS S.A, (págs. 7-26).

Solves, J., & Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química: Mejora de la imagen de la Ciencia y Desarrollo de Actitudes Positivas. *Historia y Epistemología de la Ciencia* , 151-162.

Toulmin, S. E. (1977). *La comprensión humana*. España. Alianza Editorial.

Viennot, L. (2002). *Razonar en física. La contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado Libros S.A, (págs. 25-31, 65-77, 157-163).