



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

***Propuesta didáctica para la enseñanza del  
concepto de masa en los estudiantes del  
grado décimo de la Institución Educativa  
Raíces del Futuro***

**Juan Carlos Martínez Muñoz**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2011



***Propuesta didáctica para la enseñanza del  
concepto de masa en los estudiantes del  
grado décimo de la Institución Educativa  
Raíces del Futuro***

**Juan Carlos Martínez Muñoz**

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

Magister Francisco Julián Betancourt Mellizo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2011

*A mis padres, porque lo bueno que hay en mí, se lo debo a su gran ejemplo.*

*A mi esposa Adriana, a mis hijos María Paula, Juan Fernando y Juan Diego quienes me mostraron mi verdadera vocación.*

## Resumen

El presente trabajo pretende analizar los conceptos de masa históricamente establecidos, comparar éstos con las nociones sobre el concepto de masa que tienen los estudiantes, y ligar dichas caracterizaciones a los estándares señalados por el Ministerio de Educación Nacional, desde una perspectiva filosófica, para luego determinar una secuencia idónea de aprendizaje activo y colaborativo, en concordancia con las estrategias enunciadas por el MEN para facilitar el desarrollo de competencias ciudadanas.

**Palabras clave:**

- 1) Masa: conceptos propuesta didáctica metodologías pedagógicas

## Abstract

This paper tries to analyze the historically established concepts of mass, compare these with the notions about the concept of mass that students have, and bind these characterizations to the standards set out by the Ministry of national education, from a philosophical perspective, to then determine an appropriate sequence of learning active and collaborative, in line with the strategies set out by the MEN to facilitate the development of civic skills.

**Key words:**

- 1) Mass: concepts didactic proposition pedagogic methodologies



# Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	V
Introducción.....	1
1. Caracterización del problema.....	3
1.1 El concepto de masa desde los estándares de ciencias naturales propuestos por el MEN.....	5
2. El concepto de masa.....	9
2.1 El concepto de masa en Newton y sus variaciones.....	9
2.2 Un acercamiento a las concepciones de masa.....	10
2.3 La masa en textos escolares.....	13
2.3.1 Ideas previas.....	15
3. Propuesta didáctica.....	19
3.1 Contexto.....	19
3.2 Descripción de la propuesta.....	21
3.2.1 Primera etapa: revisión del contexto de masa en textos escolares.....	22
3.2.2 Segunda etapa: palabra clave.....	23
3.2.3 Tercera etapa: guías de trabajo.....	23
3.2.4 Cuarta etapa: Palabra clave.....	24
4. Ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de masa.....	27
4.1 Marco metodológico.....	27
4.2 Análisis de resultados.....	28

4.2.1	Primera etapa: Revisión de concepto de masa en textos escolares.....	28
4.2.2	Segunda etapa: palabra clave.....	28
4.2.3	Elaboración de dibujos.....	30
4.2.4	Palabras relacionadas con cada término.....	31
4.2.5	Tercera etapa: guías de trabajo.....	32
4.2.6	Cuarta etapa: palabra clave.....	33
5.	Conclusiones.....	37
Anexo A.	Guía de aprendizaje concepto de masa inercial I.....	39
Anexo B.	Guía de aprendizaje concepto de masa inercial II.....	43
Anexo C.	Guía de aprendizaje concepto de masa gravitacional.....	47
	Bibliografía.....	51



# Introducción

En los programas de Ciencias Naturales, Física y Química en la educación media, el concepto de masa se encuentra presente en una gran variedad de temas que deben desarrollarse: al inicio en el estudio de las unidades de medida; al abordar la dinámica; al abordar el tema concerniente a los fluidos para definir la densidad de los mismos; en la Ley de gravitación Universal; en el estudio de la teoría de la relatividad; en la física cuántica; en el estudio sobre soluciones, y en la aplicación de las leyes de los gases, entre otros.

Generalmente en el aula los conceptos físicos y químicos se reducen a la aplicación de las fórmulas que los resumen, limitando su estudio a ejercicios que exclusivamente exigen la identificación de los valores de algunas variables y la aplicación de las ecuaciones que los explican, dejando a un lado la concepción epistemológica de los mismos.

Los estudiantes terminan resolviendo de manera mecánica una gran cantidad de ejercicios que los entrenan para enfrentar situaciones similares a las propuestas en los mismos; pero, al verse frente a situaciones retadoras, en las cuales se les exige argumentar sobre una situación indicada, se muestran conceptualmente limitados.

En la búsqueda de una propuesta pedagógica que pueda llenar algunos de estos vacíos, debemos hacer un análisis, sin pretender ser exhaustivos, de los conceptos de masa históricamente establecidos; partir de las nociones sobre el concepto de masa que poseen los estudiantes, y ligar dichas caracterizaciones a los estándares señalados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) [1].

Dicho estudio se presenta como una línea de interés para la didáctica de la ciencia, ya que se establece como un paso importante para asumir la enseñanza de las ciencias naturales desde una perspectiva filosófica, como lo propone el MEN en los lineamientos curriculares.

Además, obliga a revisar la evolución del concepto de masa y de las diferentes categorías que han surgido sobre el mismo, las definiciones actualmente aceptadas, la conceptualización presente en los textos escolares, las exigencias curriculares del MEN, y las ideas previas de los estudiantes, para luego determinar una secuencia de aprendizaje que conduzca a la modificación de dichas concepciones.

Es así como se plantean para el presente trabajo los siguientes objetivos, que orientarán cada una de las etapas enunciadas en la propuesta del trabajo de grado:

## Objetivo general

Elaborar una propuesta didáctica, que inicie el proceso de modificación de las ideas previas a las definiciones científicamente aceptadas sobre el concepto de masa.

## **Objetivos específicos**

- Revisar las diferentes concepciones del concepto de masa desde su desarrollo epistemológico.
- Analizar las diferentes categorías del concepto de masa y su aplicación en contextos que requieran de su uso.
- Explorar las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de masa.
- Estructurar una secuencia de aprendizaje que inicie el paso de las ideas previas al concepto formalmente aceptado de masa.

# 1. Caracterización del problema

Resolver el problema de qué concepción de masa enseñar y cómo darle un sentido funcional para las diferentes áreas que utilizan dicho concepto, es una tarea que se dificulta, sobre todo si se tienen en cuenta agentes como el desarrollo cognitivo, la diferenciación de áreas de conocimiento y las diversas definiciones que se proponen.

No obstante, dilucidar qué definición o definiciones de masa resultan significativas y teóricamente consistentes para enseñar a los estudiantes facilitaría su aprendizaje, pues podría establecerse una correlación entre ellas y los diferentes elementos que lo afectan (Edad, intereses personales, nivel de escolaridad, entre otros); de tal suerte que se logre en un primer momento la construcción de un lenguaje natural, que paulatinamente dé paso al establecimiento de un lenguaje científico. Sin embargo, en ocasiones, el paso de este lenguaje natural al lenguaje formal de las ciencias sólo produce un manejo sintáctico que puede ser correcto pero sin ningún significado [2].

Por otro lado, cualquier aproximación a la didáctica de las ciencias debe tener en cuenta la complejidad del proceso de construcción de significados por el individuo, pero también la propia complejidad de los conceptos implicados. De ahí que la conexión entre los aspectos filosóficos, históricos y cognitivos pueda considerarse como necesaria en el ámbito de la didáctica.

Así, al bosquejar a los estudiantes un análisis desde un punto de vista epistemológico sobre las diferentes clases que definen un mismo concepto, se les brinda la oportunidad de construir diversas categorías a través de sus procesos de pensamiento, y paulatinamente alcanzar mayores niveles de rigor y complejidad.

Esto plantea la necesidad de ver las nociones que sobre el concepto de masa proponen los estándares.

## 1.1 El concepto de masa desde los estándares de ciencias naturales propuestos por el MEN

Inicialmente se puede decir que los estándares son orientaciones pedagógicas dirigidas al diseño de los planes de aula. En cuanto al documento correspondiente a los estándares para el área de Ciencias Naturales, se han tomado particularmente aquellos de la columna titulada Entorno Físico y que hacen referencia expresa al concepto de masa.

La tabla 1 muestra los estándares propuestos por el MEN para el área de Ciencias Naturales - Física, particularmente aquellos que están relacionados con el concepto de masa. Sobre esta se puede determinar la coherencia vertical de los estándares, con la cual se espera que los estándares de un grado involucren los del grado anterior con el fin de garantizar el desarrollo de las competencias, en afinidad con los procesos de desarrollo biológico y psicológico del estudiante [3].

Tabla 1-1: Estándares Básicos de Competencia MEN, relacionados al concepto de masa.

Estándares de física por grupos de grados				
Primero a Tercero	Cuarto a Quinto	Sexto a Séptimo	Octavo a Noveno	Décimo a Undécimo
Establezco relaciones entre magnitudes y unidades de medida apropiadas.	Establezco relaciones entre objetos que tienen masas iguales y volúmenes diferentes o viceversa y su posibilidad de flotar.	Comparo masa, peso y densidad de diferentes materiales mediante experimentos.	Comparo masa, peso, cantidad de sustancia y densidad de diferentes materiales.	Relaciono masa, distancia y fuerza De atracción gravitacional entre objetos.
Identifico diferentes estados físicos de la materia (el agua, por ejemplo) y verifico causas para cambios de estado.	Comparo el peso y la masa de un objeto en diferentes puntos del sistema solar.	Relaciono energía y movimiento.	Explico el principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación.	Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal.

De acuerdo con la tabla anterior, en los primeros años de escolaridad se procura iniciar el contacto de los estudiantes con los conceptos fundamentales de las ciencias a través de la manipulación de elementos cotidianos y sus relaciones con el entorno. En cuanto al concepto de masa, los estándares inducen en los primeros grados de escolaridad, casi hasta grado quinto, a un enfoque operacional, pues se espera de los niños y niñas que establezcan relaciones entre magnitudes y sus unidades. Posteriormente inicia la diferenciación entre masa y peso desde la manipulación de objetos, introduciendo con

ello el concepto de densidad y el manejo de instrumentos de medida. Ya en la educación media se establecen claras diferencias en las categorías utilizadas para la masa, pues se determinan contextos específicos de trabajo.

En los grados sexto y séptimo se plantea el estudio de las propiedades de diferentes materiales, lo cual facilita posteriormente asociar distintas definiciones de masa con propiedades específicas de la materia. Así se inicia el proceso de generalización del concepto, allanando el camino para la introducción del concepto de energía, y luego, su relación con el movimiento.

De esta manera se establecen las bases para la posterior creación del concepto de fuerza y su relación con la masa, con lo que se introduce una nueva propiedad en el proceso de comprensión de la materia, la cual corresponde a la constante que relaciona la fuerza con la aceleración adquirida por un cuerpo, es decir la masa inercial.

Ya en los grados octavo y noveno, al aparecer dadas las características de pensamiento y las formas en que los estudiantes abordan el conocimiento, se amplía el concepto, ubicándolo más explícitamente en dos contextos diferentes: en la química como cantidad de sustancia, y en la física dentro del concepto de energía.

Finalmente se explora una nueva propiedad de la materia, al establecer el modelo del campo gravitacional y su relación con la ley de gravitación universal (masa gravitacional).

Por otra parte, en los estándares, el concepto de masa no es abordado exclusivamente desde el área de Ciencias Naturales; también desde el área de matemáticas se realiza la construcción del concepto, lo que está estrechamente relacionado con la pretensión y el deseo de abordar la construcción de los conceptos desde diferentes contextos, favoreciendo el afianzamiento de los mismos.

Al revisar los estándares correspondientes al área de matemáticas se encuentra cómo en los diferentes grados se hace referencia al concepto de masa, determinando de esta manera la coherencia vertical de los mismos.

Al observar la tabla 1-2, se puede inferir cómo desde el área de matemáticas se refuerzan los mismos conceptos elaborados en las clases de ciencias.

Tabla 1-2: Estándares del Área de Matemáticas MEN, relacionados con el concepto de masa [4].

Estándares Matemáticas - grupo de grados				
Primero a Tercero	Cuarto a Quinto	Sexto a Séptimo	Octavo a Noveno	Décimo a Undécimo
Reconozco en los objetos propiedades o atributos que se puedan medir (longitud, área, volumen, capacidad, peso y masa) y, en los eventos, su duración.	Diferencio y ordeno, en objetos y eventos, propiedades o atributos que se puedan medir (longitudes, distancias, áreas de superficies, volúmenes de cuerpos sólidos, volúmenes de líquidos y capacidades de recipientes; pesos y masa de cuerpos sólidos; duración de eventos o procesos; amplitud de ángulos).	Identifico relaciones entre distintas unidades utilizadas para medir cantidades de la misma magnitud.	Justifico la pertinencia de utilizar unidades de medida estandarizadas en situaciones tomadas de distintas ciencias	Resuelvo y formulo problemas que involucren magnitudes cuyos valores medios se suelen definir indirectamente como razones entre valores de otras magnitudes, como la velocidad media, la aceleración media y la densidad media.

De la tabla 1-2 se deduce cómo desde el enfoque sugerido en matemáticas se privilegia la cuantificación de las magnitudes a través del manejo de sus unidades, que paradójicamente en muchos casos no corresponden a las internacionalmente aceptadas. Este énfasis conlleva a que los docentes del área de matemáticas descontextualicen el concepto y limiten su aprendizaje a la estrecha manipulación de ecuaciones, desdeñando la oportunidad de afianzar los conceptos a partir de la discusión sobre la definición de sus unidades, de la manipulación de diferentes instrumentos de medida, y abandonan la aplicación de las mismas en otras áreas, con lo que se ahonda en la parcelación del conocimiento, donde cada docente propietario de su minifundio descarta la posibilidad de un aprendizaje verdaderamente interdisciplinar.

En suma, al abordar el conocimiento del medio natural en los primeros años de escolaridad, se hace referencia a la masa identificando por aproximación propiedades físicas notorias como peso/masa, correspondientes con las operaciones mentales de clasificar y ordenar objetos. Además, en esta etapa se inicia la utilización de diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen.

En el caso de secundaria se encuentra una definición muy frecuente: “la masa es una magnitud fundamental que expresa la cantidad de materia que tiene un cuerpo y se mide en Kilogramos”, prestando especial atención a no confundir los conceptos de masa y peso.

Por lo demás, el concepto de masa no es definido en la educación básica primaria (grados 1º a 5º); es tan sólo en la básica secundaria (grados 6º a 9º), cuando adquiere una categoría definida con la cual se espera que el estudiante logre diferenciarlo del concepto de peso. Pero para este nivel sigue siendo sinónimo de cantidad de sustancia y se descuida indudablemente el concepto de masa inercial y masa gravitacional. Es en la educación media (grados 10º y 11º), donde se hace un énfasis especial, procurando abordar los conceptos de masa inercial y masa gravitacional y su separación del concepto de peso.

## 2. El concepto de masa

### 2.1 El concepto de masa en Newton y sus variaciones

Al rastrear históricamente el concepto de masa en algunos textos, se encuentra que es e Isaac Newton quien da por primera vez una definición formal del término. Pues él, en su esfuerzo por explicar las causas del movimiento, propone una serie de definiciones que son el punto de partida para el estudio del mismo.

En el libro I de los Principia establece la definición I: “la cantidad de materia es la medida de la misma, originada su densidad y volumen conjuntamente” [5] y más adelante concluye: “a esta cantidad llamo en lo sucesivo cuerpo o masa”. Por otro lado, plantea una forma de determinar su valor: “la masa se da a conocer mediante el peso de cada cuerpo, pues la masa es proporcional al peso, como he descubierto por experimentos muy precisos con péndulos”: [6].

Por otra parte, en la definición II: “La cantidad de movimiento es la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente” [7] y III: “La fuerza ínsita de la materia es una capacidad de resistir por la que cualquier cuerpo, por cuanto de él depende, persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo” [8]. Newton eligió asociar la fuerza con el cambio total de la cantidad de movimiento impartido en una acción particular. Es decir, si un cuerpo tiene una masa cuyo valor es grande, notamos que una fuerza determinada imparte una aceleración pequeña; de tal manera que es más difícil acelerar tal cuerpo que uno de masa inferior. Es así como la fuerza es definida cualitativamente como una acción que imparte aceleración.

De acuerdo con lo anterior, los fenómenos físicos deben ser considerados como movimientos, gobernados por leyes fijas de puntos materiales en el espacio [9]. Para su estudio Newton crea un sistema, el cual se fundamenta en los conceptos de espacio, tiempo, fuerza y por supuesto, el de punto material. Este sistema se complementa al poner como las únicas causas de la aceleración de las masas del sistema, a las mismas masas.

Además, en un intento por comprender la evolución del concepto de masa, cabe resaltar que la Segunda Ley de Newton se supuso por inducción y gradualmente vino a ser aceptada universalmente debido a que funcionaba y sus predicciones resultaban correctas en cada nueva situación que era aplicada. Lo mismo ocurrió con el concepto de masa gravitacional, el cual, al parecer, es intuido por Newton, quien “tuvo la perspicacia de apreciar que la fuerza entre la Tierra y una manzana que cae, es la misma que tira de la Luna y la obliga a describir una trayectoria orbital en torno a la Tierra, trayectoria parecida a la de un planeta alrededor del Sol” [10].



Hasta finales del siglo XIX todos los fenómenos físicos debían ser referidos a masas sujetas a las leyes del movimiento descubiertas por Newton [11]. Se esperaba que la explicación de un fenómeno en particular correspondiera a la adaptación de la ley de la fuerza. Tanto así, que Faraday y Maxwell, al proponer sus planteamientos en electrodinámica y óptica lo hicieron a la luz de las ideas de Newton. Pero las inconsistencias que se presentaron al tratar de dar explicaciones satisfactorias a los fenómenos electromagnéticos conocidos, cuya discusión nos apartaría de los objetivos de este trabajo, condujeron, de acuerdo con Faraday y su idea de líneas de fuerza, a una nueva realidad física, la cual fue recogida en las ecuaciones planteadas por Maxwell y su noción de campo.

De esta manera se inicia el proceso de transición de la física clásica a la física del siglo XX y con esto son revaluados los fundamentos de la física newtoniana, de tal suerte que se abandona la noción de absoluta simultaneidad y por lo tanto la existencia de fuerzas que actúan instantáneamente a distancia; y en este proceso evolutivo, del cual no escapa el concepto de masa, este deja de ser tomado como una magnitud constante y pasa a depender de la cantidad de energía.

Por lo demás, con el desarrollo de la química, la cantidad de sustancia se estableció como un concepto relacionado al concepto de masa. Tanto así, que en 1961 la cantidad de sustancia se asoció con la naturaleza corpuscular de la materia, iniciando de esta manera la diferenciación entre la masa y la cantidad de sustancia, llegando a ser presentadas como dos magnitudes distintas que hacen referencia a diferentes propiedades de la materia [12].

De esta manera al hacer referencia a la masa como cantidad de sustancia se debe tener en cuenta que el concepto ha evolucionado, llegando a ser parte de una de las siete magnitudes fundamentales reconocidas por la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (I.U.P.A.P), recomendando como su unidad básica al mol, definido como la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas unidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12, aceptándolo como una magnitud fundamental diferente a la masa y al número de partículas.

La cantidad de sustancia es una magnitud que surge como necesidad física de comparar cantidades de partículas en las sustancias que intervienen en una reacción, evitando la incomodidad de contarlas microscópicamente. Es decir, el atributo principal de esta magnitud macroscópica es que permite contabilizar fácilmente el número de entidades elementales en cualquier porción de sustancia a través de otras magnitudes más asequibles como la masa o el volumen (Azcona, 1997). Así pues la cantidad de sustancia se diferencia del número de partículas (**N**), de la masa (**m**) y del volumen (**V**), pero, al propio tiempo, se relaciona directamente con estas tres magnitudes [13].

## **2.2. Un acercamiento a las concepciones de masa**

Como se pudo observar, en el desarrollo histórico de las ciencias el concepto de masa se ha asociado con diferentes definiciones, las cuales se inscriben en contextos históricos particulares. Por ejemplo, las concepciones derivadas de los estudios de Newton, a saber: masa como cantidad de materia, masa inercial y masa gravitacional; la cual se diferencia, de acuerdo al contexto, de la aportada por la física relativista, en la cual el propio Einstein propone la estrecha relación entre estas (inercial y gravitacional) llegando a sugerirlas como un mismo concepto. De igual forma con el desarrollo del conocimiento de diferentes disciplinas surge, como se vio,

la necesidad definir otras categorías como cantidad de sustancia, que están relacionadas con el concepto de masa.

Así, en diferentes contextos, la masa adquiere diferentes connotaciones, lo cual induce a determinar diferentes categorías del mismo concepto. De acuerdo a sus connotaciones propiamente físicas, semánticas y cognitivas, se puede establecer una clasificación de los diferentes conceptos de masa. Dicha clasificación resulta relevante, en la medida que aporta elementos de juicio para entender las diferentes concepciones a las que los estudiantes hacen alusión al ser enfrentados con situaciones que involucran el concepto de masa.

De acuerdo con Domenech [14] se pueden determinar las siguientes categorías para el concepto de masa:

- Categoría Ontológica: “la masa corresponde a una propiedad esencial y privilegiada de la materia. La literatura posterior ha retenido la expresión cantidad de materia, bien como una definición explícita, bien como un significado implícito de la magnitud física de masa. De ahí surge una amplia tradición que considera masa y materia prácticamente como sinónimos” [15].
- Categoría Funcional: “Al margen de la dicotomía entre masa inercial y masa gravitatoria, una interpretación ampliamente extendida es la que identifica masa con inercia o pesadez... La magnitud así definida se concibe como responsable de la posesión de determinadas propiedades o tendencias, o el ejercicio de determinadas respuestas u operaciones por los sistemas físicos a los que se atribuye.” [16].
- Categorías Relacionales y Transposicionales: “La masa inercial se definiría como un coeficiente de proporcionalidad, característico de cada cuerpo, obtenido como relación entre las fuerzas sobre el aplicadas y las aceleraciones que experimenta. La masa gravitatoria podría definirse a partir de la ley de gravitación universal...en ellas el *definendum*<sup>1</sup> se deriva del *definens*<sup>2</sup> por medio de una relación matemática específica” [17].
- Categoría Operacional: “Se consideran las magnitudes físicas como conceptos métricos, expresables como números que derivan de mediciones directas o de cálculos... la masa gravitacional podría definirse escuetamente como lo que mide una balanza. A su vez la medida de masas inerciales podría realizarse a partir de la medida de fuerza y aceleraciones partiendo de la definición de masa como fuerza/aceleración.” [18].

Las definiciones anteriores brindan la posibilidad de abordar el concepto de masa al interior del aula escolar desde diferentes perspectivas, las cuales estarían estrechamente relacionadas con la coherencia horizontal [19] de los estándares anteriormente analizados, al estimular un enfoque interdisciplinar de los conceptos.

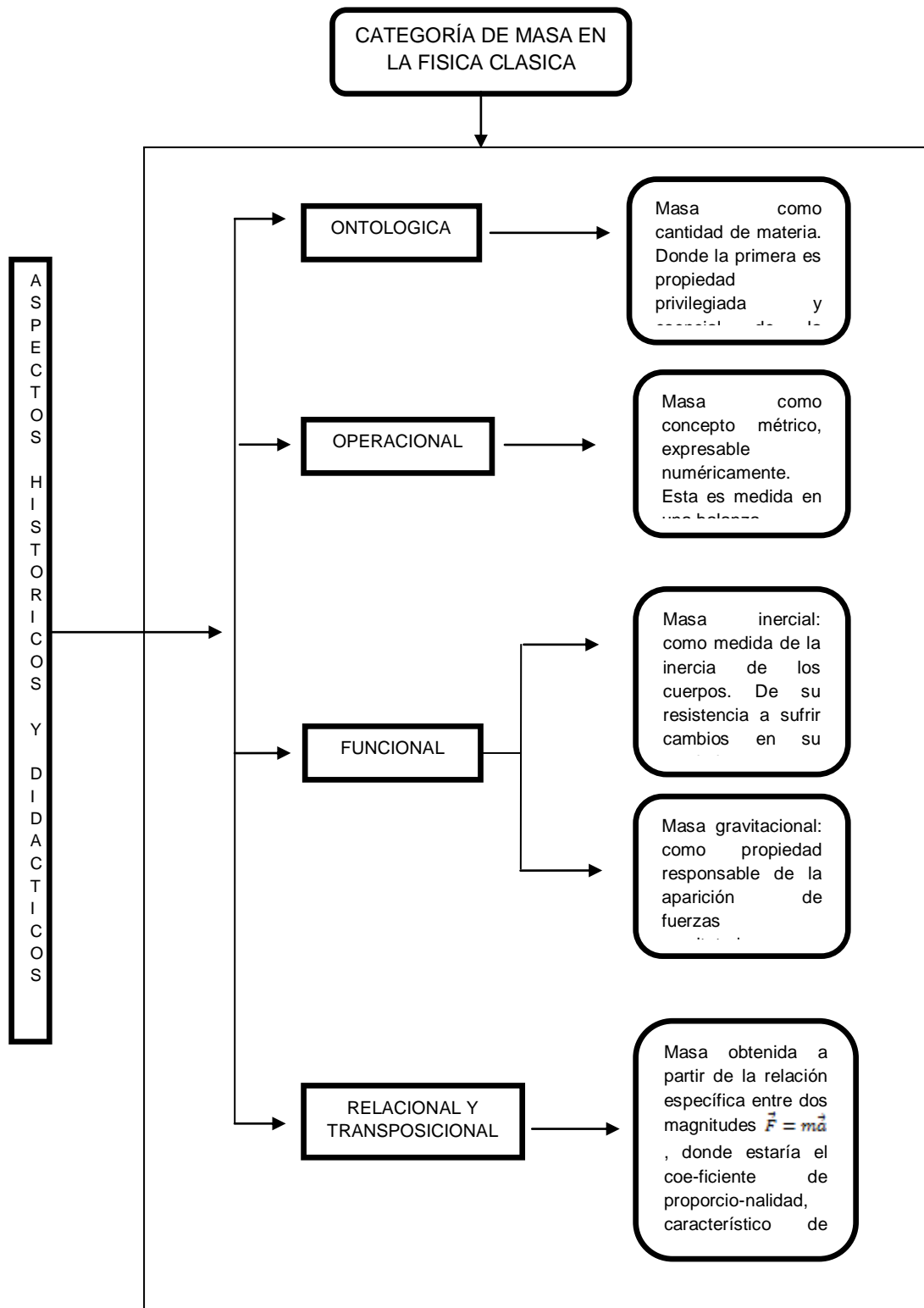
A continuación, siguiendo a Domenech, se plantea el siguiente esquema que resume las definiciones que se pueden vincular al concepto de masa.

---

<sup>1</sup> Concepto. El concepto es el término o idea que se va a explicar.

<sup>2</sup> Es el desarrollo de la idea, expone en qué consiste el concepto.

## Esquema 2-1: Categorías del concepto de Masa



Para finalizar este capítulo, es importante mencionar que para los propósitos del presente trabajo se asumirán las concepciones derivadas de los postulados propuestos por Newton, ya que permite a los estudiantes realizar una construcción conceptual a partir de la exploración intuitiva de los fenómenos físicos, las cuales se resumen a continuación:

- La masa es una propiedad universal de los cuerpos: todos los objetos poseen una masa característica que sería la misma para cualquier observador.
- Se trata de una magnitud escalar que se expresa por un coeficiente positivo.
- La masa se concibe como magnitud característica de los sistemas materiales por oposición a espacio y tiempo que se conciben como entidades independientes de aquéllos.
- La masa es aditiva por acumulación, al reunir varios objetos, la masa del conjunto es la suma de las masas de los objetos individuales. Esta aditividad se traduce en el principio de conservación de la masa en un sistema aislado.
- La masa de un cuerpo es independiente de su posición, movimiento o tipo de interacción al que está sometido.
- La masa inercial se concibe como medida de la inercia de los cuerpos. Es la tendencia a mantener su estado de reposo o movimiento rectilíneo y uniforme bajo la acción de cualquier tipo de fuerzas.
- La masa gravitatoria se concibe como medida de la tendencia de los cuerpos a ejercer fuerzas gravitatorias entre sí; sería la magnitud activa, responsable de un tipo específico de interacción: la gravitatoria.
- Masa inercial y masa gravitatoria se consideran como equivalentes.

## 2.3 La masa en textos escolares

En épocas actuales la definición de masa que aparece en muchos libros de texto dificulta, por ejemplo, la diferenciación entre las diferentes categorías señaladas por Domenech, las cuales, si bien son explícitamente formuladas no son intencionalmente ubicadas en contextos apropiados que faciliten la comprensión de las mismas, o que permitan reforzar el concepto de masa desde otro punto de vista.

Por otro lado, tradicionalmente los autores de textos escolares privilegian la aplicación de formulas, desdeñando la comprensión de los conceptos, o enfatizando más en la solución de problemas mecánicos en la cual prima la aplicación de una ecuación matemática sobre la habilidad para la explicación, propiciando el aprendizaje de resultados.

Dadas estas circunstancias se pretende dar una mirada desde las categorías expuestas por Domenech al concepto de masa presente en algunos textos de uso común en el área de ciencias naturales, y determinar si realmente corresponden a la intencionalidad del autor de enmarcarlo en un contexto determinado, o simplemente es la transmisión escrita e incuestionable de las verdades reveladas por expertos.

En el texto Física I de la editorial Santillana [20], ampliamente utilizado por los docentes del área, inicialmente se hace referencia a la masa al determinar las unidades en las cuales se mide (definición operacional): "El kilogramo (kg) es la unidad de masa en el Sistema Internacional. Un kilogramo, tal como fue definido en 1889, es la masa de un bloque de platino e iridio (bloque denominado kilogramo patrón), que equivale a la masa de 1L de agua a 4°C y a 1 atm de presión." Con lo que se refuerza, de acuerdo con Domenech, el carácter ontológico del concepto de

masa y se establece como punto de partida en la construcción de los conceptos físicos.

Por otro lado, en el desarrollo de la unidad correspondiente a la dinámica, se define la masa inercial [21] como la constante de proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración adquirida por el cuerpo debido a la aplicación de la fuerza. Y al abordar la ley de gravitación universal se dice: “A la masa del objeto que aparece en la expresión para la fuerza gravitacional, la llamamos masa gravitacional” [22]; y realizando un manejo algebraico de las ecuaciones, segunda ley de Newton y Ley de la Gravitación, se llega a la conclusión que son indistintas. Con esto los autores del texto, al parecer sin intención directa, abordan el concepto de masa inicialmente desde el punto de vista relacional, y posteriormente funcional. Pero en ningún momento se hace una diferenciación de las características que presentan cada una de las categorías, con lo que se presenta un vacío conceptual que dificulta la comprensión de situaciones problemáticas al no poder determinar claramente el contexto en el que se plantea la situación.

Finalmente, al trabajar la unidad de fluidos, relacionan la masa con la cantidad de sustancia: “Supón que tenemos determinado volumen de alguna sustancia y le medimos su masa... a la masa que le corresponde a  $1 \text{ cm}^3$  de sustancia se llama densidad” [23]; utilizando una categoría diferente a las anteriores, ontológica, pero nuevamente sin la intención directa de resaltar ésta como una propiedad de la materia.

Como se mencionó con anterioridad en el desarrollo del texto se encuentran implícitas las diferentes categorías establecidas para el concepto de masa. Sin embargo, al no hacerse explícitas las características propias de cada una de ellas, el estudiante no puede evidenciar las diferentes formas en que puede ser abordado el concepto.

Al revisar el texto Química I de la editorial Santillana, se encuentra que en la unidad correspondiente a la Materia y Energía (unidad 2), inicialmente se hace una definición de materia como “todo lo que nos rodea, es todo aquello que tiene masa y que ocupa un lugar en el espacio” [24], destacando el carácter ontológico del concepto.

Posteriormente, se define la masa como la cantidad de materia que tiene un cuerpo [25], lo cual muestra una circularidad en la definición. Seguidamente, el peso es definido como el resultado de la fuerza de atracción o gravedad que ejerce la Tierra sobre los cuerpos, y la Inercia como la tendencia de un cuerpo a permanecer en estado de movimiento o de reposo mientras no exista una causa que lo modifique [26], explicitando, de acuerdo con Domenech, el carácter funcional del concepto de masa.

Dentro de las propiedades que se le asignan a la materia se encuentra el estado físico: “es la propiedad de la materia que se origina por el grado de cohesión de las moléculas. La mayor o menor movilidad de las moléculas caracteriza su estado” [27], introduciendo paulatinamente el concepto de cantidad de sustancia, el cual puede ser relacionado con la categoría ontológica propuesta por Domenech.

En el libro Ingenio Químico de la editorial Voluntad se afirma que “la materia (sustancia) es todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio” [28]. Dentro de otras definiciones se tiene a la gravitación como “la propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su peso, la medida de la gravitación es su peso” [29].

Inercia: “Es la propiedad de los cuerpos que hace que estos tiendan a conservar su estado de reposo o movimiento. Su medida se llama masa” [30].

De otro lado, se asume que “la masa es una propiedad general de la materia, es decir, cualquier cosa constituida por materia debe tener masa. Además, es la propiedad de la materia que nos permite determinar la cantidad de materia que posee un cuerpo”; con lo cual, de acuerdo con Domenech, se hace alusión a la categoría ontológica de masa.

En el texto escolar para grado décimo de la editorial Voluntad, Energía I, en la página 86, es donde por primera vez, se hace alusión a la masa: “De aquí se concluye que cambiar la rapidez de un cuerpo, exige un esfuerzo mayor en la medida que su masa sea mayor” [31] es decir, se toma esta como cantidad de materia (categoría ontológica).

Cabe resaltar que en ningún lado se define la masa, con lo cual se observa que el autor da por descontado su conocimiento. Más adelante se llega a la conclusión, por medio del manejo algebraico de las ecuaciones, de que la masa representa la dificultad para cambiar el estado de movimiento de un cuerpo.

En conclusión, el concepto de masa expuesto en los diferentes textos analizados corresponde a las diferentes propiedades que se le pueden atribuir a la materia. Sin embargo, en ellos no se encuentra la intención explícita de ubicarlos en contextos determinados que logren relacionarlos con las diferentes propiedades de la materia, dejando sólo su afianzamiento a la solución de ejercicios prácticos que dan cuenta del manejo de algoritmos, y en el mejor de los casos inducen a los estudiantes al análisis de las magnitudes a través de sus unidades, obstaculizando de esta manera el desarrollo conceptual que llega a brindar la explicación del fenómeno. Ello acentúa la pasividad de los estudiantes y refuerza el conformismo conceptual impidiendo la transformación del marco teórico del estudiante y de esta manera retrasando, o, en el peor de los casos, negando la posibilidad de pasar de esquemas simples de explicación a otros más elaborados.

**2.3.1 Ideas previas:** En la década correspondiente a 1980 se da un fuerte proceso de reevaluación de la psicología conductista, la cual predominaba en décadas anteriores. En ella la mente del estudiante era asumida como una tabula rasa donde el profesor podía plasmar el conocimiento por medio de una serie de procedimientos fundamentados en la operación estímulo-respuesta.

A partir de este momento se empieza a reconocer el aprendizaje como el resultado de la interacción entre lo que se enseña y la experiencia adquirida por el estudiante a lo largo de su vida. De acuerdo con esto se supone que el nuevo conocimiento pasa a integrar estructuras de pensamiento ya elaboradas, haciendo parte de una estructura superior o modificando las ya existentes.

Es así como investigaciones realizadas a finales de los 70 y comienzos de los años 80 en el área de la enseñanza de la física, (viennot, 1979; Gilbert, Watts y Osborne, 1982; McCloskey, 1983), evidenciaron la existencia de un conjunto de creencias que constituyen una especie de física intuitiva [32] que proporciona una comprensión física del mundo.

Dicha comprensión se hace presente en el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje, evidenciándose como uno de los factores que afectan el aprendizaje.

Así, se realizaron grandes esfuerzos por comprender la estructura cognitiva de los estudiantes.

De acuerdo con Driver [33], en el nuevo enfoque, se consideran a los estudiantes como constructores de su propio aprendizaje: el profesor interactúa con ellos proponiendo actividades a partir del conocimiento de las ideas intuitivas de los estudiantes. Con esto se les procuran situaciones que los conducen a un desequilibrio cognoscitivo, y a través de la necesidad que se crea en ellos, a construir su propio aprendizaje.

Actualmente, una de las preocupaciones de la investigación didáctica es estudiar las formas espontáneas de explicación e interpretación de la realidad y de los nexos entre éstas y el aprendizaje [34], de manera tal que al reconocerlas, las actividades propuestas en el aula puedan ser articuladas a partir de ellas con el propósito de ir superándolas.

A estas formas espontáneas son las que en adelante se les denominará pre-teorías, preconceptos o ideas previas. Dichas formas cobran relevancia en la medida que se descubre su prevalencia a pesar de las enseñanzas impartidas en la escuela, llegando a evidenciarse la coexistencia de dos formas de explicación: una derivada de la clase, para la clase, y otra espontánea para la vida.

De acuerdo con lo encontrado en los textos escolares objeto de estudio sobre las concepciones de masa, la construcción del conocimiento en las ciencias naturales se pretende realizar a partir de unas definiciones básicas, y paulatinamente agregar pequeños eslabones que irían armando la estructura del conocimiento científico. De tal suerte que a partir de una mirada libre de toda clase de elementos distractores, el estudiante tendría acceso al vasto cuerpo de conocimientos acumulado a través de la historia de las ciencias. Sin duda, en la práctica cotidiana se experimenta la frustración de no poder despojar a los alumnos del velo que les impide ver las verdades presentes en las situaciones que se les plantean o en las demostraciones que se realizan. Verdades que con mucha frecuencia saltan a la vista de los maestros y que, se supone, deberían ser obvias para los estudiantes.

La explicación de este fenómeno estriba en las condiciones con las cuales se acerca el estudiante al conocimiento. Cuando intenta aproximarse lo hace a través del conocimiento adquirido a través de su experiencia; trata de reducirlo a cosas o eventos que para él son familiares y que en cierto sentido le brindan seguridad, la cual se deriva de la validez aportada por la cultura a través de los medios de comunicación, la escuela, los textos y los valores sociales.

Este conocimiento empírico se encuentra en la génesis del concepto de las pre-teorías; le permite dar explicaciones ingenuas [35] en contraposición a las explicaciones teóricamente cimentadas. Es decir, las pre-teorías corresponden a ideas básicas no explicadas, las cuales se evidencian en respuestas irreflexivas.

De aquí se desprende que cada vez que un individuo se acerca al conocimiento lo hace a través de la estructura teórica que ha ido elaborando a través de su vida. Dicha estructura se logra a través de la incorporación de los conceptos nuevos en esquemas ya elaborados, a través de analogías y la designación de rótulos [36], con lo que se logra la sensación de seguridad al poder seguir aportando explicaciones simples a los fenómenos.





En consonancia con lo dicho hasta ahora, no es posible dar significado a algo mientras no tengamos acerca de ello una idea anterior. Y como el conocimiento científico no es espontáneo, podría afirmarse que siempre que se inicia el estudio de algo que despierta el interés del estudiante se parte de ideas que pueden ser erróneas o dar lugar a relaciones equivocadas, siendo necesario planear y desarrollar actividades que permitan indagar sobre dichas ideas, para así llegar a plantear actividades curriculares conducentes a la construcción de conceptos.

Por otro lado cabe resaltar que, posiblemente, al abordar un nuevo fenómeno las explicaciones que se enuncien frente a éste no existan con anterioridad dentro del espectro de explicaciones o concepciones de los estudiantes, sino que son elaboradas o enunciadas sólo por la circunstancia experimental. Es más; aun cuando la pregunta que se enuncia o la situación que se plantea tenga que ver con vivencias cotidianas, es presumible que los interrogantes no se presenten si no se da la situación experimental; esto es, si no se plantea explícitamente la pregunta por parte del maestro.

De aquí la necesidad de elaborar secuencias de aprendizaje que permitan explicitar, por parte del estudiante, sus preconceptos, de tal forma que al ser confrontados con situaciones retadoras, estos pierdan su capacidad de explicación y por lo tanto el estudiante se vea en la obligación de elaborar nuevos esquemas que le permitan llegar al equilibrio. De tal manera que con cada situación retadora los conceptos vayan ganando significación, en la medida en que se trabaje con ellos, y que al ser puestos a prueba en contexto diversos, adquieran mayor significación; pues no es el concepto aislado quien posee significación, sino los sistemas conceptuales vinculados en las teorías.



## 3. Propuesta didáctica

### 3.1 Contexto

Enseñar física sin tener en cuenta el contexto en el que se desenvuelve la vida de los estudiantes hace que se olvide que son sus intereses los que deben motivar la planeación de las actividades de aprendizaje. Es por esta razón que para poder realizar la propuesta didáctica, se hará una descripción de la forma en que habitualmente se desarrolla la actividad de clase y su contexto, y, por lo tanto, dónde se aplicará la propuesta que aquí se describe.

En el desarrollo de la práctica docente, al intentar conducir el curso para iniciar la clase, el único recurso con el que se cuenta es el método disciplinario: recurriendo a la nota y a un proceso coactivo.

Es decir mantener el curso en silencio, en filas derechas, el piso limpio y los cuarenta estudiantes todos atentos a lo que el docente pueda decir y compartir. Logrado lo anterior, se inicia la clase llamando a lista, introduciendo el tema con un relato en ocasiones anecdótico sobre la historia de la física, el cual puede tomar más tiempo del esperado, pues este tipo de relatos llaman mucho la atención de los estudiantes y generan muchas preguntas que en ocasiones al tratar de responderlas, desembocan en otros temas.

En el desarrollo del tema se mantiene la atención de los estudiantes por uno pocos minutos (entre 15 y 20) y luego, llega el momento de recurrir al poder de la nota, para, por lo menos, mantener en silencio el aula, teniendo en ocasiones que apelar a la persuasión psicológica. Aquí es donde aparece el gran interrogante ¿y esto que interés representa para los estudiantes? ¿Qué importancia puede tener para ellos? Al parecer la pregunta es innecesaria, si justamente esto se da por sentado en los lineamientos y los estándares de competencias que el Ministerio de Educación Nacional propone: “Si bien hemos dicho que el conocimiento científico parte de un interés de los seres humanos por comprenderse a ellos mismos y al mundo que les rodea, esa curiosidad debe, como también se ha afirmado, refinarse, ser rigurosa y estar enmarcada dentro de un cuerpo de conocimientos y maneras de proceder en cuya validez hay consenso en un momento dado” [37].

Aquí entra en juego el contexto en el cual se desarrolla la actividad pedagógica, pues ¿realmente estos seres humanos quieren comprenderse a ellos mismos? ¿O habrá otras necesidades prioritarias insatisfechas?

La comunidad que utiliza los servicios del colegio corresponde a familias desplazadas de diferentes lugares y por distintos actores armados. Se ha podido establecer, de acuerdo con los reportes de matrícula, que un buen porcentaje de la población estudiantil es vulnerable, víctima del desplazamiento forzado, de estrato socioeconómico cero, uno y escasamente dos [38].

Las familias se preocupan por enviar a los niños y niñas para poder cumplir con el requisito del gobierno y así tener acceso a los cincuenta mil pesos que por estudiante les otorga el programa de familias en acción. De igual forma las ayudas provenientes de otras entidades como Visión Mundial, son condicionadas a la permanencia en la escuela de los niños y niñas.

Por otro lado se encuentran casos de estudiantes que tienen que abandonar sus estudios porque aún son perseguidos y amenazados, víctimas de maltrato y diferentes formas de violencia intrafamiliar, y aunque no es el propósito de este documento, es pertinente señalar estas situaciones.

Al indagar con los padres de familia el porqué sus hijos o hijas presentan mal comportamiento social, es decir, bajo rendimiento académico, actitudes de intolerancia, agresividad física y verbal, se encuentra una variedad de factores: desarraigo, violencia intrafamiliar, necesidades insatisfechas en grado superlativo, prostitución, uso de drogas psicoactivas, vandalismo, persecución entre otras [39].

Pero no todo es malo. De igual forma en el mismo documento citado se afirma: “es de reconocer, que muchos padres y madres de familia recurren al rebusque y a la economía informal para conseguir los recursos mínimos para subsidiar las necesidades de techo, alimentación, vestuario, salud y estudio o las que considere más urgentes de aliviar en sus hijos.” [40].

Sin duda, como ya se mencionó, el conocimiento del entorno en el que se desenvuelven los estudiantes debe ser el punto de partida para cualquier propuesta educativa que desee producir un cambio significativo en una comunidad en particular.

De acuerdo con el análisis anterior, queda la pregunta: ¿Realmente los estudiantes necesitan aprender física?

Una respuesta puede encontrarse en los Lineamientos Curriculares para Ciencias Naturales y Educación Ambiental: “En efecto, el científico construye las hipótesis (que pueden convertirse en leyes) desde su experiencia individual y a través de la comunicación con los interlocutores de su comunidad científica, superando la opinión individual y llegando a consensos en un “juego” en el que se apuesta a las verdades, en el que sólo participan las buenas razones y en el que sólo ganan los mejores argumentos.” [41] Se puede vislumbrar cómo el propio trabajo del científico demuestra la necesidad de poseer unas competencias básicas que permitan la interacción entre pares. Por tal razón, al trasladarlo al ambiente escolar, la enseñanza de la física cobra importancia en la medida que desarrolla competencias básicas, procura una alfabetización científica y procura el desarrollo en los estudiantes de competencias que faciliten la convivencia. En resumen, la formación de los actuales ciudadanos necesariamente se basa en el conocimiento.

Y de acuerdo con lo anterior, en este contexto lo más apropiado, dadas las características de la comunidad, es implementar un enfoque humanista. Promover una práctica pedagógica que permita el desarrollo de competencias ciudadanas. Utilizar técnicas de aprendizaje que pongan en evidencia la necesidad de llegar a acuerdos, la necesidad de tener en cuenta la opinión del otro, reconocer la importancia de trabajar entre pares y, ante todo, la posibilidad de crecer juntos, cada uno con sus limitaciones y diferencias, sin tener que llegar a la destrucción o el aniquilamiento.

Implementar conceptos que les permitan desarrollar competencias que conlleven a superar las adversidades, que en los estudiantes no son pocas y que en muchas ocasiones deben enfrentar solos.

De la misma manera hacer uso de aulas virtuales, de laboratorios virtuales y todos aquellos recursos que las nuevas tecnologías ofrecen.

Por todo lo anterior, se proponen para el desarrollo de la propuesta didáctica las técnicas de aprendizaje colaborativo y aquellas del aprendizaje activo, las cuales han sido probadas en otros áreas y que han tenido acercamientos a nuestro modelo educativo, pero que deben ser estudiadas detalle junto con sus alcances, limitaciones e implicaciones, en particular en el contexto que se ha descrito con anterioridad.

Al hablar de aprendizaje colaborativo se debe entender este como aquella situación en la que un grupo de personas establece un compromiso mutuo para desarrollar una tarea, y en el que sólo la coordinación y relación de sus intercambios les permite alcanzar un logro común [42]. Y es que es al interactuar cuando se propicia el desarrollo de mecanismos de aprendizaje en cada uno de los integrantes del grupo.

Por supuesto que no es tarea fácil el implementar dichas técnicas, pues el estudiante debe asumir los roles, las funciones y responsabilidades que implica pertenecer a un grupo, lo que con el desmembramiento que sufren sus hogares se dificulta todavía más. Pero es justamente esto lo que se quiere conseguir: brindarles la oportunidad de sentirse útiles como miembros de un grupo que respalda, valora y necesita de su trabajo para alcanzar unas metas comunes. Y por otro lado, al aplicar las técnicas de aprendizaje activo se debe tener en cuenta que el estudiante debe poseer un bagaje conceptual mínimo que le permita dar explicación a cada una de las predicciones que realiza.

Con la aplicación de las técnicas antes mencionadas se espera brindarles a los estudiantes la oportunidad de descubrir cualidades que tal vez no creía poseer y que sus pares, a través del reconocimiento que hacen de ellas, les permiten tomar conciencia de su existencia. De la misma manera la actitud positiva del docente, que orienta, discute, motiva y propone al interior de los mismos equipos, facilita el desarrollo de ambientes democráticos de discusión.

La propuesta se sustenta en la creencia de que el conocimiento se ha construido a través de la colaboración, la discusión y el intercambio de ideas entre pares. Así en el desarrollo de la asignatura, es posible fomentar la participación con el aporte de ideas, aun cuando parezcan descabelladas, pues se debe resaltar que los caminos que recorrieron los hombres de ciencia pudieron llevarlos a lugares inesperados.

Con esto se posibilita que el estudiante refuerce la confianza en sí mismo, a través de un docente que lo alienta a proponer, que lo estimula a consultar, y por tanto a respaldar sus ideas con argumentos.

Es así como se toma como punto de partida el interés del estudiante por conocerse a sí mismo y al mundo que lo rodea, sabiendo que el ser humano, por su naturaleza misma, sólo puede reconstruir esa certeza partiendo de su propia perspectiva del mundo; en otras palabras, situado en el Mundo de la Vida [43].

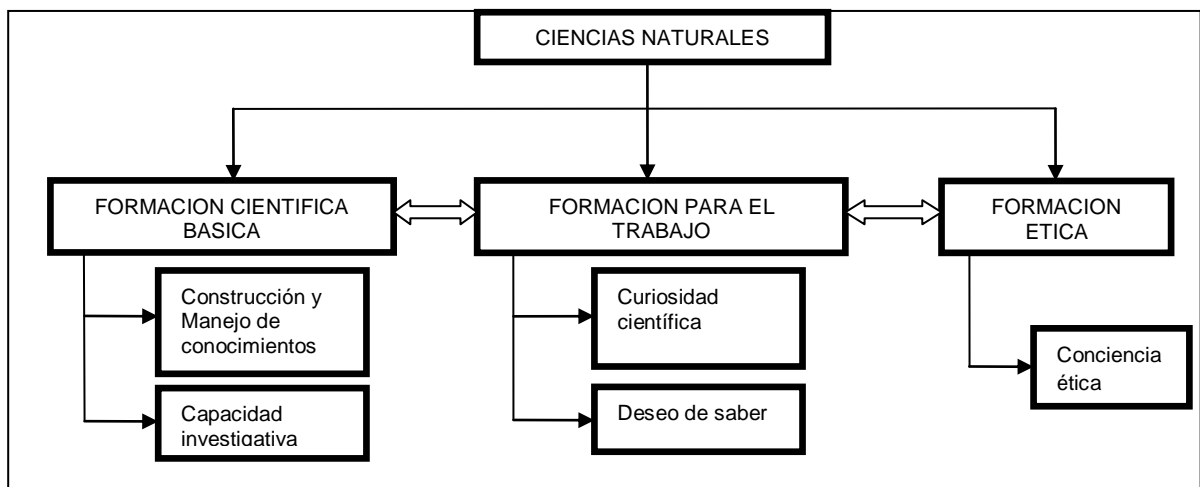
### **3.2 Descripción de la propuesta**

De acuerdo con el contexto definido en el apartado anterior, la propuesta didáctica se concibe tomando algunos elementos del aprendizaje colaborativo, el cual es propuesto por el MEN como una de las estrategias que facilitan el desarrollo de competencias ciudadanas [44], pues como se viene afirmando, es imprescindible adaptar los modelos que pueden considerarse útiles para responder a las necesidades particulares de los estudiantes, ya que los maestros, al enfrentar día a

día la realidad que viven los niños y jóvenes, están en posición privilegiada para, en cierta forma, incidir sobre ella.

Como se observa en el siguiente esquema, el MEN a través de la expedición de los lineamientos curriculares para ciencias naturales y la formulación de los estándares para la misma área, espera que con el trabajo en ciencias se aborden diferentes aspectos del desarrollo de los estudiantes, pues con ello se propicia el desarrollo de competencias básicas, particularmente en ciencias naturales, las cuales hacen alusión a: explicar, indagar y formular hipótesis.

Esquema 3-1: Aspectos del desarrollo de los estudiantes



Por otra parte, en la elaboración de las guías de trabajo se utilizó el modelo de Aprendizaje Activo propuesto en la asignatura Taller de Aula Experimental, de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, el cual promueve la participación de los estudiantes en la construcción del conocimiento a través de preguntas guiadas referentes al tema, y a la realización de predicciones individuales y posteriormente grupales, sobre situaciones hipotéticas o demostraciones experimentales, para, posteriormente, finalizar con el desarrollo de una guía de trabajo que recopila los resultados obtenidos y el análisis realizado por los integrantes del grupo.

Cabe anotar que la propuesta didáctica se elaboró de acuerdo a las etapas propuestas en el proyecto de grado, las cuales se describen a continuación:

### 3.2.1 Primera etapa: revisión del concepto de masa en textos escolares

Como ya se comentó antes, se realizó una revisión del concepto de masa que es utilizado en algunos textos escolares de física, de uso común por los profesores del

área, al igual que en textos de química, con lo cual se logró precisar las definiciones que prevalecían en dichos textos, de acuerdo a los planteamientos de Domenech.

La importancia de esta etapa estriba en el papel prioritario que desarrollan los textos escolares, tanto en la construcción del currículum [45] como en el desarrollo del



mismo en las aulas de clase; pues en muchos casos los textos escolares orientan a los docentes qué se debe y cómo se debe enseñar, convirtiéndose a menudo en la única fuente de conocimiento acerca de los contenidos; de ahí la importancia de precisar las definiciones del concepto y su enfoque metodológico en cada uno de los textos.

Por otro lado, se revisaron algunos artículos de investigación alusivos al concepto y otros sobre ideas previas, llegando a definir el marco conceptual sobre el cual se abordará el concepto de masa y sus diferentes categorías, como se ha expuesto con anterioridad.

Para esto se contó con la bibliografía aportada por el profesor director de grado, al igual que documentos sugeridos en las diferentes asignaturas vistas en la Maestría, además de la consulta de documentos encontrados en revistas reconocidas a las cuales se puede tener acceso en la red.

### **3.2.2 Segunda etapa: palabra clave**

Dentro de las actividades propuestas, se elaboró la actividad denominada palabra clave<sup>3</sup> la cual consiste en proponer a los estudiantes una serie de palabras referentes al tema: GRAVEDAD, INERCIA, MASA, ÁTOMO, PESO, MOLECULA, BALANZA, SUSTANCIA. Estas son dictadas a los estudiantes, una por una, para escribir su definición en una hoja que se les ha entregado previamente. Para esta actividad se estima un tiempo de 15 minutos. Posteriormente realizan un dibujo sobre cada una de las palabras propuestas, para lo cual cuentan con un tiempo de 15 minutos. Finalmente, en un tiempo de 20 segundos por palabra, escriben en la misma hoja todas las palabras posibles que consideren están relacionadas con la palabra inicial.

### **3.2.3 Tercera etapa: guías de trabajo**

En esta etapa, la cual corresponde a la aplicación de la técnica del Aprendizaje Activo y el Aprendizaje Colaborativo, se elaboraron guías de trabajo con el fin de propiciar la actividad individual y en equipo, a través de la formulación de predicciones y la posterior discusión de las mismas, tanto individual como grupalmente.

La actividad se desarrolla en cuatro momentos diferentes: en un primer momento se aborda la construcción del concepto de masa inercial (Anexo A), a partir de la relación de movimiento entre dos cuerpos. Con el desarrollo de esta guía se espera propiciar un acercamiento al concepto de inercia. En el segundo momento, a través de la siguiente guía (Anexo B), se plantea una situación similar, pero desde un contexto diferente, con lo que se pretende reforzar la intuición del concepto. Posteriormente, en un tercer momento, con la aplicación de la guía correspondiente al concepto de masa gravitacional (Anexo C), es posible que los estudiantes, por un lado, intuyan la independencia de la caída de los cuerpos de la masa, y, por otro lado, de acuerdo a las ideas de Newton, relacionen la causa de la caída de los cuerpos cerca de la superficie terrestre con el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y de la Tierra alrededor del Sol.

En cada una de las guías se plantean situaciones que ponen a prueba las preconcepciones o ideas alternativas de los estudiantes sobre el tema, al tratar de

---

<sup>3</sup> Este tipo de técnica, han sido utilizado en el Museo de la Ciencia y el Juego (MCJ) de la Universidad Nacional de Colombia, para indicar sobre imaginarios sociales ligados a cierto tema o tópico

predecir qué puede ocurrir, y posteriormente, al tratar de corroborar lo predicho por medio de la realización práctica de la situación planteada.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, cada guía apunta a la elaboración de un concepto en particular:

En la primera (Anexo A) se trabaja el concepto de masa inercial por medio de la predicción de lo que puede ocurrir con un cuerpo (moneda) que se encuentra en reposo sobre una tarjeta (carnet) que de igual forma se encuentra sobre un vaso. La tarjeta es halada inicialmente con suavidad, y en una segunda situación es golpeada o halada súbitamente.

En la segunda guía (Anexo B), se refuerza el concepto de masa inercial, al predecir qué ocurre con la cuerda que está unida a un objeto en reposo (bloque de madera) si es halada súbitamente. En la tercera guía (Anexo C), se intenta dar los primeros pasos para la elaboración del concepto de masa gravitacional, mediante la realización de una serie de preguntas y actividades con las que se busca hacer una analogía entre la caída de los cuerpos cerca a la superficie terrestre, y la fuerza de atracción entre la Luna, la Tierra y el Sol, tratando de establecer la correspondencia entre los fenómenos.

Finalmente, en el cuarto momento se cierra esta etapa con la proyección de tres videos de corta duración. Con esta actividad se pretende reforzar la construcción de los conceptos de masa inercial y masa gravitacional, a través de la discusión de las situaciones presentadas en cada uno de los videos.

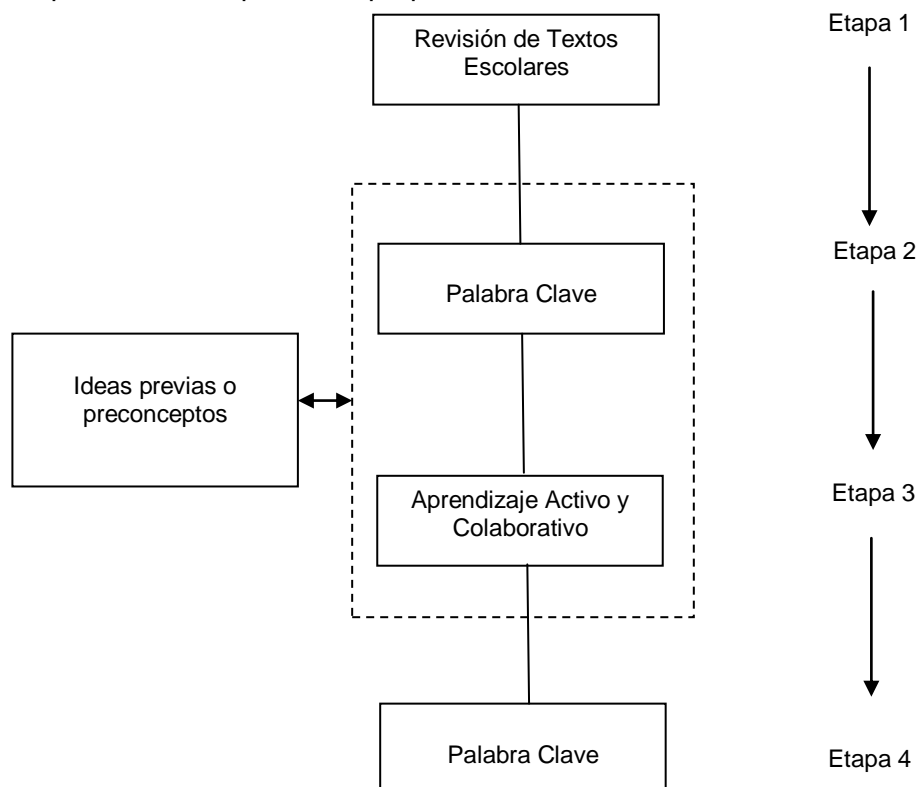
- En esta página se realizan experiencias acerca de la masa inercial: <http://www.youtube.com/watch?v=EJD9QL10vXw>
- En esta página se explica porqué la Luna no cae a la tierra: <http://www.youtube.com/watch?v=sz7rLC5vMfM&feature=related>
- Esta página puede ser usada para terminar la actividad y resumir la relación entre masa inercial y masa gravitatoria: [http://www.youtube.com/watch?v=IV\\_Sv4RGVjE](http://www.youtube.com/watch?v=IV_Sv4RGVjE)

### **3.2.4 Cuarta etapa: palabra clave**

Finalmente se aplica la actividad inicial, palabra clave, en donde se espera observar el estado al cual han llegado los estudiantes después de la aplicación de las etapas anteriores.

Cada una de las etapas anteriormente descritas se desarrolla atendiendo los planteamientos teóricos que hasta el momento se han expuesto. De acuerdo con la figura 3, las etapas 2 y 3 se abordan desde la perspectiva del concepto de ideas previas o preconcepto; y las actividades desarrolladas en las mismas etapas se enmarcan en la aplicación de las técnicas del aprendizaje colaborativo para la conformación de los equipos de trabajo, y del aprendizaje activo para la participación de sus integrantes en el desarrollo de las actividades.

Esquema 3-2: Etapas de la propuesta didáctica





## 4. Ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de masa

Aunque inicialmente se planeó desarrollar y analizar sólo la actividad correspondiente a las ideas previas (Etapa 1: palabra clave), el trabajo se extendió a la aplicación de toda la propuesta al mismo grupo descrito en el marco metodológico.

De igual forma se incluyen en este capítulo los resultados y el análisis correspondiente a cada una de las demás etapas, haciendo énfasis en el apartado ligado a la exploración de las ideas previas de los estudiantes.

### 4.1 Marco metodológico

El trabajo se desarrolló con (34) estudiantes del grado Décimo B en la clase de física de la Institución Educativa Raíces Del Futuro. El curso está integrado por 9 jóvenes y 25 niñas. La institución educativa está ubicada en la comuna 7 en el barrio Jardín Santander de la ciudad de Ibagué, sector urbano. El promedio de edad oscila entre los 15 y 17 años. La comunidad educativa corresponde a los estratos 1 y 2, familias víctimas del desplazamiento forzado.

Como se puede inferir del contexto definido para esta comunidad, los estudiantes cuentan con muy pocos recursos económicos, lo cual les impide tener acceso a medios tecnológicos que pudieran facilitar el aprendizaje.

Las actividades se desarrollaron directamente en el aula de clase asignada para el curso, a excepción de la presentación y discusión de los videos que se desarrolló en el aula de informática. De igual manera se destinaron los periodos de clase asignados al mismo: Lunes de 10:25 a 12:25 a.m. y jueves de 6:10 a 8:10 a.m.

En cada sesión de trabajo inicialmente se orientó a los estudiantes sobre la actividad que se iba a desarrollar, los materiales a utilizar, las etapas de la misma, y los tiempos destinados para cada una de ellas. Del mismo modo, se les indicó que, a pesar de ser una actividad normal de clase, no tendría nota o calificación, con lo que se intentó bajar un poco la tensión y promover un entorno más espontáneo.

A continuación se describe el procedimiento seguido en cada sesión:

**Primera sesión:** inicialmente se organizaron los equipos de trabajo, los cuales fueron conformados por el docente que dirigió la actividad, quien conocía a los estudiantes de años anteriores. Esto en consonancia con las técnicas del aprendizaje colaborativo, de las cuales los estudiantes ya tenían conocimiento, pues habían sido aplicadas el año anterior en la clase de matemáticas.



Dadas las indicaciones iniciales, se les distribuyó una hoja blanca tamaño carta, instándolos a realizar toda la actividad y, de ser necesario, solicitar otra.

Para el desarrollo de la primera fase de esta sesión se les indicó que después de escuchar cada palabra deberían proceder a definirla. Terminada esta fase, los estudiantes procedían a realizar un dibujo que fuera representativo de cada palabra. Finalmente, al escuchar nuevamente cada una de las palabras escribirían otras que vinieran espontáneamente a su pensamiento.

Al finalizar la actividad se recogieron las hojas de trabajo y se estimuló a los estudiantes a que expresaran sus opiniones y observaciones.

**Segunda y tercera sesión:** los estudiantes organizados por equipos de trabajo reciben la hoja de instrucciones para ser puesta en conocimiento de todos los integrantes; luego se les entrega la hoja de predicción individual para ser desarrollada personalmente. Finalizado el tiempo estimado para esta actividad se les entrega la hoja de predicciones grupales, la cual debe ser diligenciada a la luz de las conclusiones surgidas de la discusión del equipo. La actividad se termina con el diligenciamiento de la hoja de resultados.

Cabe anotar que el docente siempre estuvo presente con el fin de aclarar inquietudes o de motivar a los estudiantes, interviniendo para plantear otros puntos de vista o incluir otros elementos que los estudiantes no tuvieron en consideración, y que de una u otra forma enriquecieron la discusión o la reorientaron.

**Cuarta sesión:** como ya se mencionó, la proyección de los videos se realizó en el aula de informática, pues allí se encuentran los equipos audiovisuales necesarios para el desarrollo de esta actividad. Luego de ubicar a los estudiantes se hizo una breve descripción del contenido de los tres videos que se iban a proyectar. Finalizado cada video se realizó una discusión en torno al contenido del mismo, a la luz de las conclusiones elaboradas en las sesiones anteriores. En este momento los estudiantes nuevamente tuvieron la oportunidad de exponer sus puntos de vista, así como de formular las inquietudes generadas por el contenido de cada uno de los videos.

**Quinta sesión:** La propuesta didáctica se finaliza aplicando nuevamente la actividad descrita en la primera sesión, con cada uno de sus pasos.

## 4.2 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los resultados y el análisis de cada una de las etapas correspondientes a la propuesta didáctica:

### 4.2.1 Primera etapa: revisión del concepto de masa en textos escolares

Esta etapa, como ya se ha mencionado, fue desarrollada en el apartado 2.3.

### 4.2.2 Segunda etapa: palabra clave

Para realizar el análisis se tomó una muestra de 18 hojas de resultados elaboradas por los estudiantes. Al revisar cada uno de los momentos de la actividad, se encontró lo siguiente:

**Primera sesión:** Los estudiantes proceden a definir cada una de las palabras, cuyos resultados se describen a continuación:

**Materia:** un número significativo de estudiantes asoció el término con asignatura (18 estudiantes), 10 estudiantes lo relacionaron con masa y 8 estudiantes lo relacionaron con pus.

**Átomo:** 4 estudiantes la relacionaron con la asignatura química, 12 estudiantes con las partes que lo componen, 2 con materia.

**Masa:** 8 estudiantes lo relacionaron con el ingrediente principal para panadería, 8 con el concepto de materia, 1 con densidad, 1 con el peso, 3 con asignaturas y 3 con volumen.

**Peso:** 7 estudiantes lo definen como “lo que pesa”, 3 con la moneda colombiana, 4 con el concepto de masa, 2 lo relacionan con instrumento de medida y 5 con sus unidades.

**Inercia:** 10 estudiantes escribieron “no sé”, 2 lo definen con la tendencia a quedarse quieto, 3 lo relacionan con masa, 1 con la fuerza de un cuerpo y 2 lo relacionan con volumen.

**Gravedad:** 1 lo relaciona con adrenalina, 1 con volar, 4 con la “gravedad de un asunto”, 13 como “fuerza de gravedad” y 2 lo relacionan con volumen.

**Balanza:** 4 la relacionan con equilibrio, 15 la definen con instrumento para medir el peso.

Inicialmente se debe aclarar que aun cuando se tomaron las hojas de resultados para 18 estudiantes, en cada una de las palabras no siempre coincide la suma con el valor de la muestra, pues los estudiantes asumen la palabra como sinónimo de otras, de acuerdo a los contextos que para ellos son familiares. Es decir, lo hacen a la luz de la estructura teórica que han ido elaborando a lo largo de su vida, con lo cual atribuyen a una misma palabra diferentes significados.

También se le puede atribuir este fenómeno al medio familiar y social en el que se desenvuelven, pues al interior de sus familias, en la gran mayoría de los casos, el nivel escolar de los adultos no supera la educación básica primaria. Por otro lado, a pesar de haber tenido un contacto directo a lo largo de su vida escolar con las definiciones de estos conceptos, como consta en los estándares establecidos por el MEN, se crearon concepciones erróneas.

Dicho contacto, muy probablemente, se limitó “al aprendizaje de la ciencias tal y como es... A aprender lo mejor posible los resultados, a aprender lo mejor posible un conjunto perfectamente definido de “acertijos” que se repiten de texto en texto, y de maestro en maestro.” [46] Como se observa de los resultados, dichas concepciones erróneas persisten y en muy pocos casos se encuentra alusión a definiciones formales.



Por otra parte, las mismas definiciones propuestas por los estudiantes dan cuenta de la falta de significado en muchos de los términos, como se muestra en el siguiente ejemplo tomado de los resultados de los estudiantes: “peso: es la medida o el peso de dos cosas”. Es decir, recurren a la misma palabra para definirla, lo cual alude a la falta de contexto en el que fueron desarrollados los conceptos. Muy probablemente, se intentó construir el concepto aisladamente de los demás, de manera tal que este sirviera de base para definir otros conceptos.

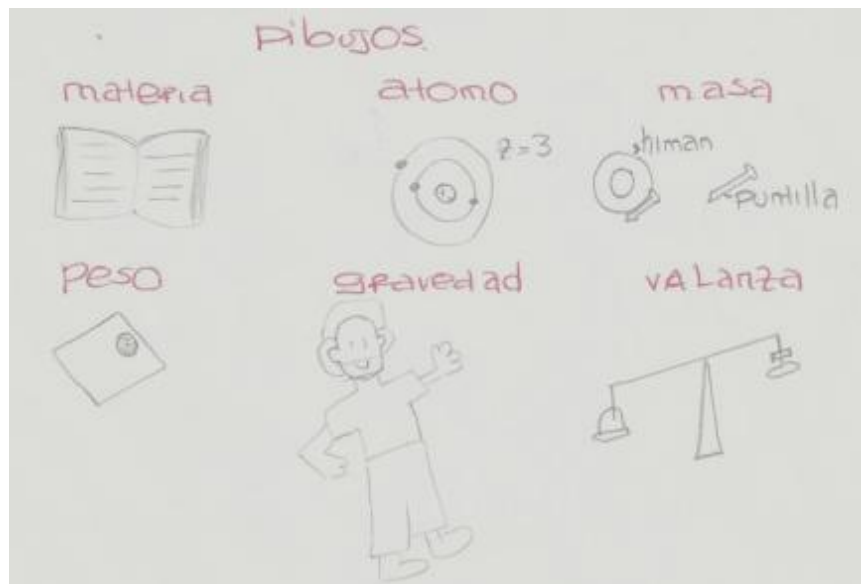
De igual forma, al tratar de definir Inercia, se evidencia que los estudiantes en su mayoría no tienen una idea que les permita entrar a dar significado al término; es decir, no existe una base que por lo menos les facilite hacer una analogía.

Otro punto importante que cabe resaltar es el hecho de encontrar variedad de definiciones sobre un mismo término, lo cual desestima la pretensión de los libros de texto o de los maestros de homogenizar lo que por naturaleza es heterogéneo. Esta homogenización, definida como una mirada objetiva [47] del mismo fenómeno, sólo será posible a través del trabajo intencionado, propuesto a partir de la identificación de las ideas previas de los estudiantes. Como consta en los estándares, desde los primeros grados se hace referencia al concepto de masa, con lo cual los estudiantes deberían tener cierto bagaje que les permitiera dar cuenta del término; pero al parecer, aun cuando haya habido contacto con situaciones relacionadas con el concepto de inercia, nunca hubo una intención manifiesta de abordar directamente el concepto.

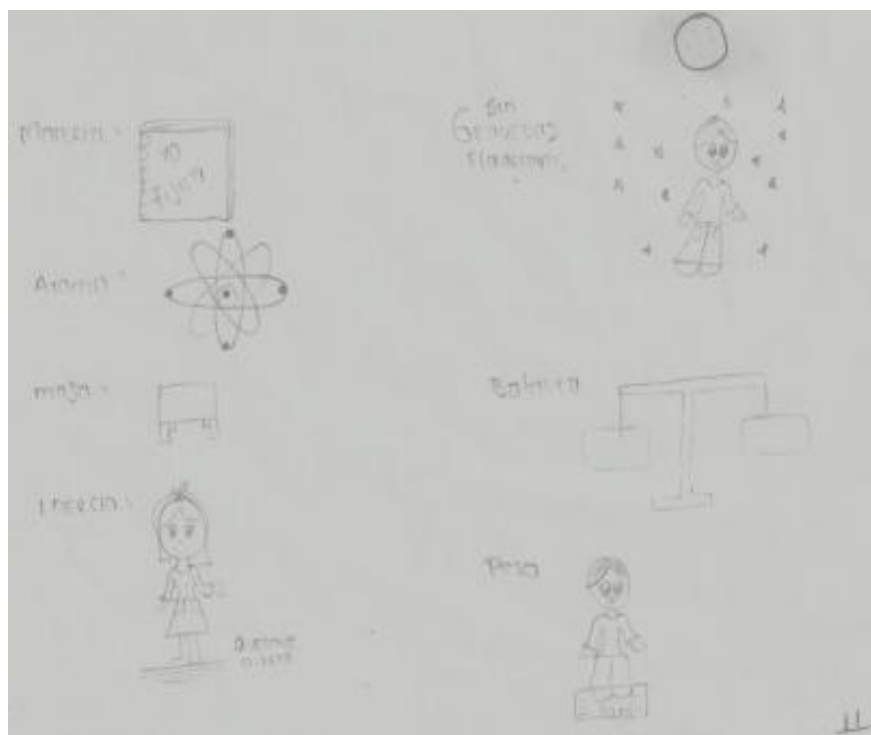
### 4.2.3 Elaboración de dibujos

A continuación se presentan algunos trabajos realizados por los estudiantes:

Gráfica 4-1: Trabajo realizado por la estudiante Rocío Alape del grado 10B



Gráfica 4-2: Trabajo realizado por la estudiante Jineth Daniela Prada del grado 10B



Los dibujos realizados por los estudiantes ponen en evidencia la imprecisión de las definiciones, la falta de profundidad en los conceptos y la relación de éstos con su bagaje cultural. Es decir, los conceptos son asociados a eventos de la vida cotidiana; a los contextos planteados por los medios de comunicación, en particular por la televisión; a momentos o situaciones de la vida escolar, y, por otro lado, a temas desarrollados en las clases de ciencias, pero todo ello ligado a la certeza que les brinda la cotidianidad de dichas definiciones.

De los mismos se evidencia la superficialidad de las definiciones, pues los dibujos se realizan a través de ideas simples, que ponen de manifiesto la ausencia de contexto a la hora de abordar los conceptos.

#### 4.2.4 Palabras relacionadas con cada término

Se obtuvieron resultados similares a los anteriores.

Materia: 5 matemáticas, 1 ciencias, 1 física, 1 asignatura, 2 color, 2 peso, 1 cuaderno, 1 libro.

Átomo: 1 biología, 2 funciones químicas, 1 física, 2 química, 1 microorganismos, 1 célula, 7 electrones protones y neutrones.

Inercia: nuevamente 10 escriben "no sé", 2 quieto, 2 muerto, 1 gravedad, 2 volumen.  
Peso: 1 cantidad, 2 masa, 1 balanza, 1 grande, 1 kilos, 5 gordo flaco, 3 moneda, 5 medición.

Gravedad: 3 problema, 1 morir, 5 flotar, 4 espacio, 3 caída, 1 velocidad, 2 adrenalina, 3 planetas girando, 2 fuerza.

A través de esta actividad, los estudiantes manifestaron el conocimiento de una gran cantidad de palabras referentes a un mismo concepto. Pero, como se anotó con anterioridad, dichas palabras carecen de sentido, terminan siendo una colección de palabras que rotulan una serie de ideas vagas, que en cierta medida son las que en un momento determinado dan la certeza de conocimiento, tanto a ellos como a sus profesores.

En resumen, los estudiantes expresan la definición de los conceptos a través de la semejanza entre situaciones que les son comunes, manifestando la ausencia de procesos que hayan iniciado la estructuración de su mente, de tal manera que les permitan construir narrativas, ordenamientos y racionalidades.

#### **4.2.5 Tercera etapa: guías de trabajo**

##### **Momento uno, dos y tres**

Concepto de Masa Inercial y Masa Gravitacional: como se esperaba, los estudiantes responden a las preguntas propuestas en la guía, de acuerdo a sus ideas elaboradas a la luz de la experiencia. Definen y justifican cada situación realizando comparaciones con eventos de la cotidianidad, demostrando la ausencia de un pensamiento más elaborado en el cual se logre explicar un fenómeno desde la perspectiva causa efecto, como se aprecia en la respuesta dada a la pregunta: Si soltamos de la misma altura dos esferas del mismo tamaño, pero de diferentes materiales (por ejemplo hierro y papel), ¿cuál de las dos caerá primero?

“Los dos cuerpos caen igual porque la fuerza (de gravedad) da velocidad y al enrollar el papel se hace más fuerza”

O como en la siguiente, donde la justificación a la respuesta evidencia un determinismo natural.

¿Por qué la Tierra gira alrededor del Sol?

R/ Porque tiene que llegar luz y calor a todos los lugares de la Tierra.

El trabajo con las guías da inicio a la estructuración del concepto con base en el proceso de mediación; es decir, la aplicación de las guías de trabajo se convierte en un fuerte factor de mediación que recoge los diferentes elementos culturales que hacen posible la estructuración del pensamiento en los estudiantes.

Por otro lado, el uso del modelo de aprendizaje activo (realizar predicciones individuales, conformar pequeños grupos para discutir dichas predicciones y elaborar unas comunes y finalmente comprobar la veracidad de dichas predicciones a través de una práctica sencilla) estimula la participación de los estudiantes, pues encuentran que sus ideas y sus dudas son compartidas por algunos de sus compañeros y esto los alienta a participar sin temor a equivocarse, y por ende a quedar en ridículo.

De igual forma, el propiciar el trabajo entre pares conlleva al inicio del proceso de re contextualización del conocimiento, en el cual los estudiantes podrán verse enfrentados a situaciones planteadas por sus compañeros y a la argumentación de las mismas que ponen en evidencia la fortaleza de sus conceptos.

En las discusiones se pudo observar que abrir el espacio para que cada uno de los estudiantes definiera y describiera, de acuerdo con su bagaje socio cultural, las situaciones presentadas en cada una de las guías de trabajo, eso sí, con la intervención del docente como mediador y en ocasiones como parte activa de la discusión, permitió crear un contexto donde primaba el debate de las ideas, y que poco a poco fue siendo acompañado de posturas argumentativas, las cuales, en la medida que se avanzaba en el trabajo, se hicieron más robustas. Sin embargo se evidencia que aunque el lenguaje se va refinando y contextualizando, el paso al lenguaje propio de las ciencias se torna lento y, además, a pesar de superar la justificación de los fenómenos por pura analogía con experiencias cotidianas, los estudiantes no logran llegar a la generalización de la situación; es decir, se consigue un ordenamiento de los diferentes momentos en que ocurre el fenómeno y las relaciones entre las variables que entran en juego, pero no se logra llegar a la generalización de patrones que les permitan explicar el mismo fenómeno en contextos diferentes.

### **Momento cuatro: proyección de videos**

Como se esperaba, los estudiantes asociaron los videos a las prácticas realizadas en las sesiones anteriores. El mayor impacto se dio al observar el video sobre el movimiento de la Luna y su relación con la caída de los cuerpos cerca a la superficie terrestre. Para algunos de los estudiantes, la Luna no cae por que está muy lejos de la Tierra y por tal razón no es posible que la Tierra la atraiga, por otro lado, se muestran de acuerdo a que la bala de cañón gire al redor de la Tierra, siempre y cuando sea lanzado con la suficiente velocidad.

En la discusión salieron a flote un sin número de ideas que fue necesario enmarcarlas paulatinamente dentro de los conceptos aceptados desde las ciencias naturales, con lo cual, al parecer, los estudiantes tuvieron la oportunidad de modificar o, en algunos casos, crear esquemas de conocimiento al cual incorporarían las nuevas ideas. Con esto se cumple el propósito de brindar a los estudiantes nuevos contextos en los cuales se ponen a prueba sus ideas previas, que al ser confrontadas con las explicaciones del profesor entraban en una fase de depurado, iniciando así su proceso de modificación.

#### **4.2.6 Cuarta etapa: palabra clave**

Finalmente se repitió la actividad sobre las palabras claves, la misma con la que se dio inicio a la propuesta didáctica, después de haber aplicado los talleres sobre masa inercial y masa gravitacional, haber observado los videos propuestos y haber discutido en plenaria las observaciones sobre los mismos.

Sin duda, los estudiantes han logrado construir imágenes nuevas sobre los conceptos desarrollados, lo cual se puede observar en las definiciones que, muy tímidamente muestran vestigios de la elaboración de una nueva narrativa: “Inercia: es cuando los objetos tienden a permanecer en estado de reposo y que a mayor masa, mayor inercia. Peso: es una medida utilizada para medir la masa” (realizado por el estudiante, Javier Andrés Tafur M.)

“Gravedad: es la fuerza que tiene la Tierra para que estemos firmes. Masa: componente que permite que todas las cosas puedan ser pesadas o livianas.” (escrito por la estudiante Angie Katherine García C.)

Por otro lado, al comparar los resultados obtenidos en este apartado (Actual) de las palabras relacionadas con cada término propuesto, a la luz de los resultados obtenidos en la actividad inicial (Antes), se concluye lo siguiente:

Tabla 4-1: Palabra clave: Materia

<b>Materia</b>			
	<b>Actual</b>		<b>Antes</b>
<b>Peso</b>	4	matemáticas	5
<b>Volumen</b>	1	ciencias	1
<b>Sustancia</b>	1	física	1
<b>Castellano</b>	1	asignatura	1
<b>Cantidad</b>	1	color	2
<b>Cuerpo</b>	2	peso	2
<b>Masa</b>	4	cuaderno	1
<b>Forma</b>	1	libro	1
<b>sin respuesta</b>	1		14
<b>Vacio</b>	1		
<b>Química</b>	1		
<b>Átomos</b>	1		
	19		

De acuerdo con la tabla comparativa, se puede afirmar que los estudiantes han logrado asociar el término materia a palabras más cercanas al lenguaje de las ciencias (peso, sustancia, forma, átomos, masa), alejándose un poco de la acepción común dada en el ambiente escolar, donde materia se utiliza como sinónimo de asignatura.

Tabla 4-2. Palabra Clave: Átomo

<b>Átomo</b>			
	<b>Actual</b>		<b>Antes</b>
<b>protones</b>	12	biología	1
<b>orbitales</b>	5	funciones químicas	2
<b>neutrones</b>	7	física	1
<b>electrones</b>	11	química	2
<b>cargas</b>	1	microorganismos	1
<b>anillos</b>	1	célula	1
<b>moléculas</b>	1	electrones protones, neutrones	7
<b>iones</b>	1	Total	15
<b>química</b>	1		
<b>mezclas</b>	1		
<b>compuestos</b>	1		
<b>núcleo</b>	1		
<b>células</b>	2		
<b>partículas</b>	1		
<b>Total</b>	46		

En cuanto a la palabra átomo, es notoria la asociación del término a la descripción que comúnmente se hace de los elementos que lo componen (protones, neutrones, electrones) y a los elementos donde se pueden encontrar (compuestos, células, mezclas). Esto puede explicarse a la luz de la asignatura Química, en la cual el tema fue tratado paralelo al desarrollo de la propuesta didáctica. De la misma forma se puede observar cómo el léxico de los estudiantes se hace más nutrido, con lo cual se están dando los primeros pasos en la construcción conceptual.

Tabla 4-3. Palabra Clave: Masa

<b>Masa</b>			
	<b>Actual</b>		<b>Antes</b>
<b>materia</b>	7	materia	8
<b>volumen</b>	3	volumen	3
<b>peso</b>	3	peso	1
<b>densidad</b>	2	densidad	1
<b>harina para pan</b>	3	harina para pan	8
<b>cuerpo</b>	1	Total	21
<b>gravedad</b>	2		
<b>arepas</b>	2		
<b>no se</b>	1		
<b>compuesto</b>	1		
<b>Total</b>	25		

En cuanto al concepto de masa, se observa que los estudiantes conservan la relación de esta con el término materia, que de acuerdo con Domenech, correspondería a la categoría Ontológica del concepto. Por otro lado, se ha incrementado el número de estudiantes que la asocian con términos propios de las ciencias naturales (gravedad, densidad, volumen) y disminuye el número de aquellos que la relacionan con aspectos propios de la vida cotidiana (masa para pan, masa para arepas)

Tabla 4-4. Palabra Clave: Peso

<b>Peso</b>			
	<b>actual</b>		<b>anterior</b>
<b>masa</b>	7	masa	2
<b>fuerza</b>	3	cantidad	1
<b>lo que pesa</b>	5	balanza	1
<b>kilogramo</b>	2	grande	1
<b>densidad</b>	1	kilos	1
<b>volumen</b>	1	gordo-flaco	5
<b>moneda</b>	1	moneda	3
		medición	5
<b>Total</b>	20	Total	19

En este caso, el cambio fue más significativo, pues aproximadamente la tercera parte de los estudiantes lo relacionan con la masa. De igual forma el término es relacionado como en los casos anteriores con el lenguaje de las ciencias, reemplazando de esta manera el lenguaje utilizado en su entorno cultural.

Tabla 4-5. Palabra Clave: Gravedad

<b>Gravedad</b>			
	<b>Actual</b>		<b>Antes</b>
<b>espacio</b>	2	problema	3
<b>fuerza de atracción</b>	8	morir	1
<b>peso</b>	2	flotar	5
<b>Tierra</b>	4	espacio	4
<b>estrellas</b>	1	caída	3
<b>propiedad de la materia</b>	1	velocidad	1
<b>planeta</b>	1	adrenalina	2
<b>densidad</b>	1	planetas girando	3
<b>masa</b>	3	fuerza	2
<b>Total</b>	23	Total	24

De acuerdo con la tabla 4-5, puede afirmarse que el concepto de gravedad se fortalece, inicia su proceso de consolidación, pues aproximadamente el treinta por ciento de los estudiantes lo asocian a la fuerza de atracción gravitacional. Uno de ellos lo asume como una propiedad de la materia y, en general, puede suponerse una mayor relación a los conceptos de la física y por ende una mejor estructuración del conocimiento. Esto es, se ha creado un esquema al cual el estudiante puede recurrir al momento de dar explicación a fenómenos relacionados con el tema, o de igual forma, puede ser fortalecido al exponer a los estudiantes a nuevas experiencias prácticas o audiovisuales.

## **Inercia**

Inercia: Sin respuesta 4, planeta 1, universo 1, capacidad para mantener en el mismo sitio 1, cuando una persona es inerte 1, alcanzar el movimiento de una cosa 1, sirve para que un objeto o una cosa este en reposo, se corra o caiga 1, estar en un solo puesto 1, es lo que permite quedarse quieto 1, estado en que un cuerpo está en equilibrio 1, reposo 1, tendencia de un cuerpo a quedarse quieto 1, es la gravedad que tiene un cuerpo 1. Total: 16

Sin duda alguna, el cambio ocurrido en las respuestas de los estudiantes en relación con la palabra inercia, evidencia el impacto de la propuesta, pues los estudiantes empiezan a asociar el término con conceptos de la física, los cuales con el desarrollo de otras actividades se pueden ir refinando. Como en el caso anterior (gravedad), se puede pensar en el desarrollo de un esquema de conocimiento que les permitirá a los estudiantes incorporar nuevos conceptos, que a la postre les permitirá la elaboración de nuevas explicaciones a los fenómenos.

## Conclusiones

- Dada la importancia del concepto de masa en la Mecánica Clásica, es importante delimitar su estudio, pues en diferentes contextos puede tomar diferentes connotaciones y resulta fundamental determinar cuáles resultan didácticamente significativas y teóricamente consistentes.
- Al abordar por primera vez el estudio de un concepto con los estudiantes, debe tenerse en cuenta que ellos lo hacen desde la perspectiva de concepciones que, aunque pudiendo ser erróneas, les permiten explicar los casos particulares de los fenómenos.
- Las preconcepciones son resistentes al cambio, pero a través de la reiteración, por medio de la aplicación de diferentes estrategias didácticas, se puede lograr la reestructuración del pensamiento.
- La elaboración de una propuesta didáctica centrada en la participación de los estudiantes, tendiente a modificar los pre-conceptos, exige de los mismos unas nociones básicas que les permitan hacer predicciones, porque en ausencia de éstas, las predicciones se limitan a la explicación de los fenómenos a través de semejanzas con hechos de su experiencia socio cultural.
- En general se concluye que la estrategia para abordar el concepto de masa debe ser la de hacer comprender las propiedades que tiene la materia, como la extensión, la inercia, la interacción o la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos, la cantidad de partículas de que está formado un cuerpo, los cambios que se producen en la materia, así como de las unidades que lo definen.
- Desde la perspectiva de las ideas previas, la clase se redefine como la instancia escolar en la cual, mediante un proceso de mediación, se pasa de una forma de interpretación a otra.
- El aprendizaje puede ser concebido como un proceso en el cual se construyen aproximaciones que usualmente están en contra de aproximaciones anteriores. Dichas construcciones se realizan a través de las discusiones suscitadas entre pares, sustentadas en la argumentación de los diferentes puntos de vista.





# Anexo A. Guía de aprendizaje concepto de masa inercial I:

## INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO

Área de Ciencias

Ciencias Naturales - Física

CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial I

### MANUAL DE LA PRÁCTICA

**MATERIALES:** Vaso desechable, tarjeta plástica (puede ser un carnet o documento plastificado), bloque de madera, carro o avión de juguete, cuerda inextensible.

**Presentación.** En muchos momentos de nuestra vida cotidiana, experimentamos situaciones que de una u otra manera afectan nuestro movimiento y en algunos momentos nos resultan incómodos y hasta peligrosos. Es así, cuando subimos a un autobús y este procede a arrancar, sentimos que nuestro cuerpo tiende a moverse en sentido contrario al movimiento del vehículo. De igual forma cuando por alguna razón aplica los frenos bruscamente, nuestro cuerpo de igual forma este, tiende a desplazarse hacia adelante.

Estas y otras múltiples razones que podríamos enumerar, nos llevan a pensar que puede haber una relación entre el movimiento del cuerpo y factores externos, que pueden influir sobre el mismo.

En nuestro afán por determinar dichas relaciones, planteamos la realización del siguiente montaje

Figura 1

En un tiempo de 15 minutos se realizarán algunas predicciones relacionadas con el montaje anterior, las cuales inicialmente serán de carácter individual, para lo cual contarán con un tiempo de 15 minutos y posteriormente, se reunirán en grupos para discutir y analizar cada uno de los puntos sugeridos, esto se realizará en un tiempo de 10 minutos.

Cada grupo nombra un relator, quien planteará las predicciones de grupo, argumentando sobre el porqué de las mismas.

Finalmente se llevará a cabo el montaje, con la correspondiente discusión de los resultados. Con esto, se trata de determinar el grado de veracidad de las predicciones realizadas.

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial I*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA INERCIAL I****HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL**

**Instrucciones:** En esta hoja puede escribir sus predicciones libremente acerca de cada una de las situaciones planteadas a continuación. Será tomada en cuenta cómo su participación en la actividad, más no como nota.

**Actividad 1:** Se realiza el montaje de la figura 1 y se empuja lentamente la tarjeta.

**PREDICCIÓN 1:** Al empujar lentamente la tarjeta plástica, la moneda...

**Pregunta 1:** ¿continuará la moneda unida a la tarjeta?

**Pregunta 2** ¿Se desplazará hacia adelante, hacia atrás o seguirá en el mismo sitio la moneda?

**Pregunta 3** ¿Caerá la moneda dentro del vaso?

**Actividad 2:** Nuevamente se realiza el montaje de la figura 1, pero ahora, se golpea con fuerza la tarjeta.

**PREDICCIÓN 2:** Al golpear con fuerza la tarjeta, la moneda ...

**Pregunta 4:** ¿La moneda continua sobre la tarjeta?

**Pregunta 5:** ¿La moneda se desplaza a delante, a tras o continua en el mismo punto?

**Pregunta 6:** ¿Cae la moneda dentro del vaso? ¿Porqué?

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial I*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA INERCIAL I****HOJA DE PREDICCIONES DEL GRUPO**

**Instrucciones:** En esta hoja puede escribir las predicciones del grupo acerca de cada una de las situaciones planteadas a continuación. Cada grupo nombrará un relator que argumente, ante la plenaria, cada una de las predicciones del grupo.

**Actividad 1:** Se realiza el montaje de la figura 1 y se empuja lentamente la tarjeta.

**PREDICCIÓN 1:** Al empujar lentamente la tarjeta plástica, la moneda...

**Pregunta 1:** ¿continuará la moneda unida a la tarjeta?

**Pregunta 2** ¿Se desplazará hacia adelante, hacia atrás o seguirá en el mismo sitio la moneda?

**Pregunta 3** ¿Caerá la moneda dentro del vaso?

**Actividad 2:** Nuevamente se realiza el montaje de la figura 1, pero ahora, se golpea con fuerza la tarjeta.

**PREDICCIÓN 2:** Al golpear con fuerza la tarjeta, la moneda ...

**Pregunta 4:** ¿La moneda continua sobre la tarjeta?

**Pregunta 5:** ¿La moneda se desplaza a delante, a tras o continua en el mismo punto?

**Pregunta 6:** ¿Cae la moneda dentro del vaso? ¿Por qué?

**INTEGRANTES:**


---



---



---



---



---



---

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales – Física***CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial I*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA INERCIAL I****HOJA DE RESULTADOS**

**Instrucciones:** En esta hoja pueden escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones después de realizar las experiencias.

**Actividad 1:** Se realiza el montaje de la figura 1 y se empuja lentamente la tarjeta.

**PREDICCIÓN 1:** Al empujar lentamente la tarjeta plástica, la moneda...

**Pregunta 1:** ¿continuará la moneda unida a la tarjeta?

**Pregunta 2** ¿Se desplazará hacia adelante, hacia atrás o seguirá en el mismo sitio la moneda?

**Pregunta 3** ¿Caerá la moneda dentro del vaso?

**Actividad 2:** Nuevamente se realiza el montaje de la figura 1, pero ahora, se golpea con fuerza la tarjeta.

**PREDICCIÓN 2:** Al golpear con fuerza la tarjeta, la moneda ...

**Pregunta 4:** ¿La moneda continua sobre la tarjeta?

**Pregunta 5:** ¿La moneda se desplaza a delante, a tras o continua en el mismo punto?

**Pregunta 6:** ¿Cae la moneda dentro del vaso? ¿Porqué?

## Anexo B. Guía de aprendizaje concepto de masa inercial II:

### INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO

Área de Ciencias

Ciencias Naturales - Física

CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial II

MANUAL DE LA PRÁCTICA

**MATERIALES:** Hilo, esfera de madera, soporte.

**Presentación.** En la actividad anterior, observamos como al desplazar la tarjeta con gran velocidad, la moneda cae dentro del vaso, lo cual, después de una discusión muy nutrida, nos condujo a la conclusión que debe haber algo que impide que al halar con “fuerza” un objeto, este se mueva.

Con el desarrollo de la actividad propuesta en esta guía, analizaremos una situación similar a la anterior, buscando con esto, corroborar o desmentir las conclusiones a las que habíamos llegado en la actividad anterior. Para esto, realizaremos el montaje de la figura 2.



Figura 2<sup>4</sup>

En un tiempo de 15 minutos se realizarán algunas predicciones relacionadas con el montaje anterior, las cuales inicialmente serán de carácter individual, para lo cual contarán con un tiempo de 15 minutos y posteriormente, se reunirán en grupos para discutir y analizar cada uno de los puntos sugeridos, esto se realizará en un tiempo de 10 minutos.

Cada grupo nombra un relator, quien planteará las predicciones de grupo, argumentando sobre el porqué de las mismas.

Finalmente se llevará a cabo el montaje, con la correspondiente discusión de los resultados. Con esto, se trata de determinar el grado de veracidad de las predicciones realizadas.

<sup>4</sup> Tomado Física Conceptual. Hewitt, Paul G. 2004 Editorial Person.

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial II*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA INERCIAL II****HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL**

**Instrucciones:** En esta hoja puede escribir sus predicciones libremente acerca de cada una de las situaciones planteadas a continuación. Será tomada en cuenta cómo su participación en la actividad, más no como nota.

**Actividad 1:** Se realiza el montaje de la figura 2. Inicialmente se tira suavemente, pero con un movimiento constante, del hilo inferior.

**PREDICCIÓN 1:** Al tirar del hilo inferior con un movimiento constante, se revienta el hilo...

**Pregunta 1:** ¿se revienta el hilo superior?  
¿Por qué?

**Pregunta 2** ¿Se revienta el hilo inferior? ¿Por qué?

**Pregunta 3** ¿Se revientan los dos hilos al mismo tiempo? ¿Por qué?

**Actividad 2:** Nuevamente se realiza el montaje de la figura 2, pero ahora, se da un fuerte tirón al hilo inferior.

**PREDICCIÓN 2:** Al tirar fuertemente del hilo inferior, se rompe ...

**Pregunta 4:** ¿Qué ocurre con el hilo superior?

**Pregunta 5:** ¿El hilo inferior continúa unido a la esfera de madera? ¿Por qué?

**Pregunta 6:** ¿El soporte se cae por acción del movimiento brusco sobre el hilo inferior? ¿Por qué?

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial II*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA INERCIAL II****HOJA DE PREDICCIONES DEL GRUPO**

**Instrucciones:** En esta hoja puede escribir las predicciones del grupo acerca de cada una de las situaciones planteadas a continuación. Cada grupo nombrará un relator que argumente, ante la plenaria, cada una de las predicciones del grupo.

**Actividad 1:** Se realiza el montaje de la figura 2. Inicialmente se tira suavemente, pero con un movimiento constante, del hilo inferior.

**PREDICCIÓN 1:** Al tirar del hilo inferior con un movimiento constante, se revienta el hilo...

**Pregunta 1:** ¿se revienta el hilo superior?

**Pregunta 2** ¿Se revienta el hilo inferior?  
¿Por qué?

**Pregunta 3** ¿Se revientan los dos hilos al mismo tiempo? ¿Por qué?

**Actividad 2:** Nuevamente se realiza el montaje de la figura 2, pero ahora, se da un fuerte tirón al hilo inferior.

**PREDICCIÓN 2:** Al tirar fuertemente del hilo inferior, se rompe ...

**Pregunta 4:** ¿Qué ocurre con el hilo superior?

**Pregunta 5:** ¿El hilo inferior continua unido a la esfera de madera? ¿Por qué?

**Pregunta 6:** ¿El soporte se cae por acción del movimiento brusco sobre el hilo inferior? ¿Por qué?

**INTEGRANTES:**


---



---



---



---



**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASA INERCIAL: Masa Inercial I*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA INERCIAL II****HOJA DE RESULTADOS**

**Instrucciones:** En esta hoja pueden escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones después de realizar las experiencias.

**Actividad 1:** Se realiza el montaje de la figura 2. Inicialmente se tira suavemente, pero con un movimiento constante, del hilo inferior.

**PREDICCIÓN 1:** Al tirar del hilo inferior con un movimiento constante, se revienta el hilo...

**Pregunta 1:** ¿se revienta el hilo superior? ¿Por qué?

**Pregunta 2** ¿Se revienta el hilo inferior? ¿Por qué?

**Pregunta 3** ¿Se revientan los dos hilos al mismo tiempo?

**Actividad 2:** Nuevamente se realiza el montaje de la figura 2, pero ahora, se da un fuerte tirón al hilo inferior.

**PREDICCIÓN 2:** Al tirar fuertemente del hilo inferior, se rompe ...

**Pregunta 4:** ¿Qué ocurre con el hilo superior?

**Pregunta 5:** ¿El hilo inferior continua unido a la esfera de madera? ¿Por qué?

**Pregunta 6:** ¿El soporte se cae por acción del movimiento brusco sobre el hilo inferior? ¿Por qué?

# Anexo C. Guía de aprendizaje concepto de masa gravitacional:

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física**

*CONCEPTO DE MASA GRAVITACIONAL: Masa Gravitacional*

## **MANUAL DE LA PRÁCTICA**

**MATERIALES:** Objetos de diferentes tamaños y materiales, dos metros de cuerda.

**Presentación.** Cotidianamente, cuando accidentalmente soltamos algo que tenemos sujeto con nuestras manos, vemos como esto realiza un movimiento de caída hacia el suelo. En la antigüedad, el filósofo Griego Aristóteles, pensaba que los objetos buscaban su lugar natural, es decir, los sólidos caían hacia el suelo, buscando el elemento que debería ser natural para ellos, así como el fuego debería subir pues era allí donde se encontraba su lugar natural. Con el nacimiento de la física clásica, los seres humanos, nos interesamos por buscar las causas de los fenómenos debido a los efectos que se podían observar en ellos.

En el desarrollo de esta guía, trataremos de determinar las causas que hacen que los cuerpos caigan, de igual forma, aquellas responsables de que la Luna gire alrededor de la Tierra y las causas para que la Tierra gire alrededor del Sol. De la misma manera, trataremos de encontrar alguna relación entre dichas causas, si es que existe

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASA GRAVITACIONAL: Masa Gravitacional*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA GRAVITACIONAL****HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL**

**Instrucciones:** En esta hoja puede escribir sus predicciones libremente acerca de cada una de las situaciones planteadas a continuación. Será tomada en cuenta cómo su participación en la actividad, más no como nota.

**Actividad 1:** Deje caer diferentes objetos.

**PREDICCIÓN 1:** Los objetos caen porque...

**Pregunta 1:** ¿De qué depende la caída de los cuerpos?

**Pregunta 2** ¿Si soltamos de la misma altura dos esferas del mismo tamaño, pero de diferente material (por ejemplo papel y hierro), ¿Cuál de las dos caerá primero? ¿Por qué?

**Actividad 2:** Amarre un cuerpo al extremo de una cuerda y póngalo a girar.

**PREDICCIÓN 2:** El cuerpo gira alrededor de la mano porque ...

**Pregunta 4:** ¿Por qué la Luna gira alrededor de la Tierra?

**Pregunta 5:** ¿Por qué la Tierra gira alrededor del Sol?

**Pregunta 6:** ¿Por qué el Sol no gira alrededor de la Tierra?

**Pregunta 7:** ¿Existe alguna relación entre la causa que hace que caigan los cuerpos y aquella por la cual la luna gira alrededor de la Tierra? ¿Podría ser la misma?

**Pregunta 8:** ¿Podríamos pensar que es otra propiedad de la materia? Descríbala.

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO**

Área de Ciencias

**Ciencias Naturales - Física***CONCEPTO DE MASAGRAVITACIONAL: Masa Gravitacional*

Entregue esta hoja al profesor al finalizar la actividad.

**CLASE TEÓRICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA – MASA GRAVITACIONAL I****HOJA DE PREDICCIONES DEL GRUPO**

**Instrucciones:** En esta hoja puede escribir las predicciones del grupo acerca de cada una de las situaciones planteadas a continuación. Cada grupo nombrará un relator que argumente, ante la plenaria, cada una de las predicciones del grupo.

**Actividad 1:** Deje caer diferentes objetos.

**PREDICCIÓN 1:** Los objetos caen porque...

**Pregunta 1:** ¿De que depende la caída de los cuerpos?

**Pregunta 2** ¿Si soltamos de la misma altura dos esferas del mismo tamaño, pero de diferente material (por ejemplo papel y hierro), ¿Cuál de las dos caerá primero? ¿Por qué?

**Actividad 2:** Amarre un cuerpo al extremo de una cuerda y póngalo a girar.

**PREDICCIÓN 2:** El cuerpo gira alrededor de la mano porque ...

**Pregunta 4:** ¿Por qué la Luna gira alrededor de la Tierra?

**Pregunta 5:** ¿Por qué la Tierra gira alrededor del Sol?

**Pregunta 6:** ¿Por qué el Sol no gira alrededor de la Tierra?

**Pregunta 7:** ¿Existe alguna relación entre la causa que hace que caigan los cuerpos y aquella por la cual la luna gira alrededor de la Tierra? ¿Podría ser la misma?

**Pregunta 8:** ¿Podríamos pensar que es otra propiedad de la materia? Descríbala.

**INTEGRANTES:**


---



---



---



---



# Bibliografía

[1], [37] MINISTERIO COLOMBIANO DE EDUCACION NACIONAL. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Bogotá: 2006.

[2] HERNANDEZ D. y MORALES A. Concepciones de Naturaleza de Ciencia. Trabajo de Grado. 2009.

[3], [19] MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Guía de lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Bogotá: 2006. P. 15.

[4] MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Estándares básicos en Matemáticas. Bogotá: 2006.

[5], [6], [7], [8] HAWKING STEPHEN. A hombros de Gigantes: Las Grandes Obras de la Física y la Astronomía. Cuarta Edición. Barcelona: Editorial Crítica, 2005. p.651, 652.

[9], [11] EINSTEIN ALBERT. Mis Ideas y Opiniones. Barcelona: Editorial Bon Ton, 2002. p. 238, 229.

[10] HEWITT PAUL G. Física Conceptual. Novena edición. México: Editorial Pearson. 2004. p. 155.

[11] DEPIERRO E. GARAFALO y F.TOOMEY R. Using a Socratic Dialog to help students construct fundamental concepts. En: Journal of chemical education. Vol 80 No 12, 2003.p. 1408- 1416.

[12] FURIO CARLE y PADILLA KIRA. La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su estado actual: El caso de la "cantidad de sustancia" y el "mol". En: Didáctica de las ciencias experimentales y sociales. Nº17, 2003.p. 55-74.

[13], [14], [15], [16], [17], [18] DOMÉNECH A. El concepto de masa en la Física Clásica: Aspectos Históricos y Didácticos. En: Revista Enseñanza de las Ciencias .Vol. 10 No 2,1992. P.223-226.

[20], [21], [22], [23] BAUTISTA B. MAURICIO. Física I, Bogotá: Editorial Santillana, 2002. p. 17.



[24], [25], [26], [27] MONDRAGÓN M. CESAR H. Química I. Bogotá: Editorial Santillana. 2001 p.18.

[28], [29], [30] PARGA L. DIANA L. Ingenio Químico I. Bogotá: Editorial Voluntad. 2006. p.18.

[31] HERREÑO F. CESAR A. Energía I. Bogotá: Editorial Voluntad, 2006. p.86.

[32] SEBASTIA JOSE M. Fuerza y Movimiento: La Interpretación de los Estudiantes. En: Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol 2 No 3, 1984. p. 161-169.

[33] DRIVER ROSALIND. Students' conceptions and the learning of science. En: International Journal of Science Education. Vol 11 No 5, 1989. p. 481-490.

[34], [35], [36], [46], [47] SEGURA DINO de J. La enseñanza de la física: Dificultades y perspectivas. Bogotá: Fondo de publicaciones Universidad Francisco José de Caldas, 1993. p.52.

[38], [39], [40] INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAÍCES DEL FUTURO. Proyecto Educativo Institucional. Ibagué: 2010.p.168.

[41], [43] MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Serie Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Bogotá: 1998.

[42] CABRERA E. Estudio de los patrones interactivos que surgen en situaciones de aprendizaje colaborativo mediados por computadores inalámbricos. [Tesis de Doctoral]. Santiago de Chile: Universidad Católica. 2006. Citado por CABRERA, Elsa. La colaboración en el aula: más que uno más uno. Editorial Magisterio. Bogotá: 2008. p.20.

[44] CHAUX ENRIQUE, LLERAS JUANITA y VELASQUEZ ANA. Competencias Ciudadanas: De los Estándares al Aula. Bogotá: 2004. p.59.

[45] BARBARA EYZAGUIRRE FONTAINE. Por qué es Importante el Texto Escolar. En: Revista Estudios Públicos. No 68. Santiago de Chile: 1987.