

**PRINCIPIO DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL DESDE UNA PERSPECTIVA
HISTÓRICA Y EPISTEMOLÓGICA: DEL ESTADO NATURAL DE LOS
CUERPOS, A LA ATRACCIÓN GRAVITACIONAL. UNA PROPUESTA PARA
EL AULA DE CLASE.**

**PAULA ANDREA AMELINES RICO
DIANA MARIA RODRIGUEZ RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACION
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y ARTES**

MEDELLÍN

2008

**PRINCIPIO DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL DESDE UNA PERSPECTIVA
HISTÓRICA Y EPISTEMOLÓGICA: DEL ESTADO NATURAL DE LOS
CUERPOS, A LA ATRACCIÓN GRAVITACIONAL. UNA PROPUESTA PARA
EL AULA DE CLASE.**

PAULA ANDREA AMELINES RICO

DIANA MARIA RODRIGUEZ RAMIREZ

MAGISTER YIRSEN AGUILAR MOSQUERA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACION

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y ARTES

INVESTIGACION MONOGRAFICA

**LINEA DE INVESTIGACION: HISTORIA Y EPISTEMIOLOGÍA DE LAS
CIENCIAS**

MEDELLÍN

2008

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	5
1. MARCO CONCEPTUAL.....	15
1.1 PERSEPECTIVA HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICA DE LA TEORIA DE LA GRAVITACION UNIVERSAL.....	15
1.2 CONTEXTO HISTÓRICO Y SOCIOLOGICO DE LA TEORÍA DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL.....	15
1.3 HISTORICIDAD DE LOS CUERPOS GRAVES Y SUS PENSADORES.....	17
1.4 EL CONTEXTO SOCIAL: ¿De donde nacen las ideas?.....	23
2. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA TGU EN LA PERSPECTIVA NEWTONIANA.....	28
2.1 CONCEPTOS DESDE LA PERSPETIVA NEWTONIANA.....	29
3. METODOLOGÍA.....	38
4. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS.....	41
5. RECONTEXTUALIZACIÓN.....	42
6. SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN.....	43
7. ANÁLISIS A INSTRUMENTOS APLICADOS.....	56
8. ANÁLISIS A CUESTIONARIOS.....	63
9. SECUENCIA DIDÁCTICA.....	67
9.1 JUSTIFICACIÓN.....	67
9.2 MARCO TEORICO.....	67
9.3 LOGROS.....	67

9.4 DIMENSIONES.....	68
9.4.1 Dimensión Cognitiva.....	68
9.4.2 Dimensión ética y estética.....	68
9.4.3 Dimensión comunicativa y corporal.....	70
9.5 SECUENCIA DE ACTIVIDADES: Ciclo del Aprendizaje.....	71
10. CONCLUSIONES.....	90
PROYECCIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
ANEXOS.....	94

RESUMEN

En consecuencia con la necesidad de crear espacios en los que la realidad sea construida y transformada por los estudiantes y que la enseñanza de las ciencias no se perpetúe en una tradición de transmisión de conceptos, se propone fomentar la implementación de propuestas donde las leyes, teorías y principios científicos que se quieren enseñar adquirieran validez y significado para los estudiantes. Bajo el amparo de esta idea, se plantea el análisis histórico y epistemológico del principio de la gravitación universal, este entramado conceptual puede resultar de interés o ser necesario tanto para maestros como para estudiantes por que una recontextualización basada en la historia y la epistemología de este fenómeno, posiblemente genere un contexto académico particular que parte de los intereses del educador y de los educandos y que al mismo tiempo determina las formas de actuar y relacionarse con la dinámica científica.

INTRODUCCIÓN

1. ESTADO DEL ARTE

1.1 Textos de primera mano

Estos textos nos permiten acceder a la información original de los autores que nos interesan y conocer el pensamiento de aquellos fundadores de la disciplina bajo la cual estamos trabajando, así como también los efectos que se derivan de la difusión del conocimiento en los diferentes ámbitos académicos.

Entre ellos contamos con:

- Stephen Hawking, A hombros de Gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía. Crítica, Barcelona 2003.

Este libro permite tener contacto con obras originales de Newton así como también de Galileo acerca del movimiento y la caída de los cuerpos, posibilitando analizar conceptos básicos necesarios al abordar la teoría de la Gravitación Universal como: peso, tiempo, espacio, movimiento, fuerza centrípeta y velocidad.

- Leonhard Euler, Cartas a una Princesa de Alemania, sobre diversos temas de física y filosofía. Edición preparada por Carlos Mínguez Pérez. Universidad de Zaragoza, 1990.

Este libro permite comprender las interpretaciones que este físico hace referente a la gravitación Universal de una manera diplomática y comprensible para cualquier persona. Es tentativo proponerlo como una

herramienta útil en la enseñanza de los conceptos concernientes al tema ya que presenta gran simplicidad para la apropiación de los mismos tales como la gravedad o pesantez, la acción y dirección de la gravedad, la gravedad de la luna, la atracción de los cuerpos celestes, las mareas, entre otros.

1.2 Antecedentes

1.2.1. Investigaciones Específicas

- PALMER David. Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. Faculty of Education, The University of Newcastle, NSW 2308, Australia; EDUC., 2001, Vol. 23, N. 7, 691-706.; e-mail: eddhp@cc.newcastle.edu.au

Este artículo plantea algunas de las ideas alternativas que se generan en los estudiantes acerca de la teoría de la gravitación Universal a partir del contacto que éstos tienen con diferentes fuentes como los medios de comunicación, algunos libros de texto y experiencias de su vida cotidiana, del que se derivan explicaciones dadas por el sentido común. También nos permite distinguir las principales dificultades que tienen los estudiantes y los profesores a la hora de comprender a cabalidad los conceptos referidos a la teoría de la Gravitación Universal.

- Carvajal, Cantillo Etna.; Gómez, Vallarta Maria del Rocío. "Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias." En: Revista Mexicana de Investigación Educativa. Septiembre-Diciembre 2002, vol. 7, núm. 16. pp. 577-602

Este artículo nos permite identificar los diferentes factores presentes en los procesos de enseñanza de las ciencias, así como los efectos que de estas se derivan en el aprendizaje.

1.2.2. Investigaciones sobre los procesos de enseñanza de las ciencias

- Rodríguez, Luz Dary, Romero Ángel. La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. En: Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. N°6. 1999. Universidad pedagógica Nacional.

Este artículo de revista muestra la importancia de la historia y la epistemología de las ciencias en los programas de formación docentes, con el fin de mejorar la enseñanza de las ciencias con posturas críticas frente a la necesidad que se deriva de asumir la labor docente como práctica cultural.

- Jiménez M. Pilar, Sanmartí. Neus ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la educación secundaria.

Permite tener una idea básica de lo que significa el término ciencia, así como también las características que debe tener al enseñarse en la escuela.

- Loaiza Escutia Claudia ¿Qué imagen de la ciencia habría que divulgar?. Instituto Politécnico Nacional (México). Centro de difusión de ciencia y tecnología.

Esta investigación comprueba el analfabetismo científico y tecnológico que impera en las persona lo que da pie a confusiones entre la rigurosidad de la actividad científica y otras actividades humanas, como la percepción u otras formas de conocimiento.

- Rodríguez, Luz Dary.; Ayala Maria Mercedes. La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En: Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, N° 2, 1996. Departamento de física, Universidad Pedagógica Nacional.

Este artículo identifica de manera explícita las imágenes de la ciencia y las consecuencias que se derivan de ella en los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como también las implicaciones que le subyacen a una postura particular que adopta el maestro al enseñar su disciplina.

1.3 Estudios Historiográficos y epistemológicos de las ciencias

Los textos aquí citados tienen como fin último aportar las bases teóricas concernientes a nuestra línea de investigación, de manera tal que nos permita hacer reflexiones críticas referidas a la enseñanza de las ciencias.

- Matthews, M.R. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. Education Departament, Aucklan, New Zealand.

En este documento se resalta la idea que usualmente en los procesos de enseñanza de las ciencias no se abordan componentes históricos necesarios para el aprendizaje, además, se rescata el carácter histórico de la ciencia para demostrar cómo el desarrollo que ha sufrido la ciencia a lo largo de su historia es similar al desarrollo cognitivo de cada individuo.

- Thomas S Kuhn. La estructura de las revoluciones científicas: Un papel para la historia.

En este se comprende la manera en que se llevó a cabo la revolución historiográfica y se le da respuesta a nuevas preguntas que orientan la construcción de la historia y el papel que le corresponde al historiador.

- Yehuda Elkana. “La ciencia como sistema cultural: Una aproximación Antropológica.” Bogota, Vol 3, enero-diciembre 1983. Pág 65-80.

Este articulo resalta la idea de que todas las personas de manera conciente o inconsciente poseemos una imagen de ciencia que determina nuestro proceder frente a todo el proceso de la dinámica científica, por ende es necesario gestar

en los maestros en formación y en los profesores la necesidad de adoptar una postura que se verá reflejada en la manera particular de enseñar.

- Latour, Bruno. “La esperanza de Pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la Ciencia”, Gedisa editorial, Barcelona 2001.

Este libro permite visualizar una postura sociológica de las ciencias, en esta obra el autor define lo que son y lo que hacen los estudios de la ciencia con el objetivo de alcanzar una comprensión de la misma.

- Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn. Tomado de Solis, C.

Nos permite partir de una concepción de ciencia desde el punto de vista sociológico y a partir de ella promulgar por una visión en la enseñanza de las ciencias que permita construir el conocimiento, partiendo desde una realidad que no sólo involucra lo racional si no también lo sociocultural, congruentes con las nuevas tendencias que la dinámica científica exige.

- Pierre Duhem. “La Teoría Física, su objeto y su estructura” Herder Editorial, S.L., Barcelona 2003.

En este texto se ha encontrado una construcción de la historia de la gravitación universal desde una perspectiva sociológica en la que se puede observar claramente la ciencia como una actividad y un modo de vivir y comprobar que las hipótesis y posteriormente las teorías no son el producto de una creación repentina sino el resultado de una evolución progresiva.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es evidente que las aulas de clase son un espacio donde se dan relaciones académicas y humanas que permiten el desarrollo tanto intelectual como social de estudiantes y profesores. Mediante el debate y la confrontación se va dando forma a la comprensión del mundo, cada individuo va construyendo en su estructura mental una manera particular de erigir su realidad. Estos espacios académicos y sociales están supeditados por las actitudes de profesores y estudiantes, de lo cual se derivan varios efectos que aquejan la educación básica, entre ellos encontramos que los profesores no se asumen como responsables del conocimiento que enseñan y en consecuencia con esto, se gesta en los estudiantes una visión limitada de lo que significa el trabajo científico (Rodríguez; Romero, 1999).

Esta visión limitada de la dinámica científica no es más que el resultado de una dicotomía que se establece entre productores del conocimiento y receptores del mismo; el primero entendido como las organizaciones científicas donde se gesta el conocimiento, es en el núcleo donde se da lugar a los más brillantes pensamientos que en últimas determina el rumbo que toma la ciencia, es en este espacio intelectual donde se desarrollan las discusiones

alrededor de un objeto de estudio en particular y quienes hacen parte de este grupo (científicos) son los únicos que poseen el derecho a escrutar y validar tales análisis. Por otro lado los receptores del conocimiento no tienen otro camino mas que el de recibir aquel conocimiento estructurado como una copia de la realidad, codificado en un lenguaje racional organizado de tal forma que da fe de los fenómenos que en la naturaleza se llevan a cabo, esta visión positivista es común en los profesores de ciencia¹ no solo por la manera tan particular de ver esta disciplina, si no además por asumirse como los grupos periféricos en la dinámica científica, por ello su papel se resume a la transmisión lineal de unos contenidos conceptuales a enseñar, sin hacer un análisis crítico al respecto y mucho menos sin hacer una objeción ante las leyes y teorías que estructuran los pensadores de la ciencia.

La teoría de la gravitación universal nos permitirá visualizar cómo los grupos periféricos, dentro de los que se encuentran los profesores de Básica Secundaria circula la idea de “ciencia como sistema de verdades” (Rodríguez; Ayala, 1996), por tanto, los docentes no se sienten responsables de hacer un análisis crítico y coherente de las ideologías o juicios de su enseñanza, además, no tienen fundamentos históricos ni epistemológicos que les permitan dar más que una historia limitada de la dinámica científica, lo que repercute en formas particulares por parte de los estudiantes al interpretar los fenómenos estudiados y por consiguiente la ciencia en general.

La estructura conceptual de la Teoría de la Gravitación no solo permite analizar esta concepción de ciencia, sino que esta teoría en si misma presenta dificultades para su comprensión tanto en profesores como estudiantes; esto se evidencia en la manera como interpretan los conceptos relacionados con la gravedad (masa, peso, fuerza), la vinculación de la presencia o ausencia de atmósfera con los fenómenos gravitacionales, consideran la gravedad como un valor matemático no, como parte fundamental de las leyes de Newton, la Teoría de La Relatividad o del concepto de fuerza. Es posible también vislumbrar en todo este entramado conceptual ideas metafísicas como: la creencia que todos los cuerpos flotan si se encuentran por fuera de la tierra, la idea que la tierra es la única que posee fuerza de gravedad, que el resto de los planetas y astros en el universo se encuentran flotando y describiendo órbitas aleatorias por todo el espacio y finalmente la idea de que las aves y los aviones vuelan por que son capaces de vencer la fuerza de la gravedad, es decir, que son más fuertes que la fuerza que la tierra ejerce sobre ellos.²

¹ Véase: RODRIGUEZ, Luz Dary.; ROMERO, Ángel. La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. En: física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. N°6. 1999. Universidad pedagógica Nacional. Y CARVAJAL, Cantillo, Etna.; GOMEZ, Vallarta, Maria del Rocío. “Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.” En: Revista Mexicana de Investigación Educativa. Septiembre-Diciembre 2002, vol. 7, núm. 16. pp. 577-602

² PALMER David. Student’s alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. Faculty of Education, The University of Newcastle, NSW 2308, Australia; EDUC., 2001, Vol. 23, N. 7, 691-706.; e-mail: eddhp@cc.newcastle.edu.au

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo plantear la enseñanza de la gravitación universal, desde una perspectiva constructivista basada en la historia, la sociología y la epistemología de las ciencias?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Realizar un análisis histórico y epistemológico del principio de gravitación universal que permita recontextualizar dicho principio y establecer una propuesta de enseñanza vinculando la ciencia como sistema cultural.

4.2 Objetivos específicos

- Recontextualizar la ley de la gravitación universal enseñada en la básica secundaria, desde el análisis de autores, en particular desde la perspectiva de Galileo, Newton y Kepler.
- Resaltar las implicaciones didácticas que se derivan del uso de la historia y la epistemología de las ciencias como herramientas indispensables para la construcción del conocimiento.
- Establecer una propuesta para la enseñanza del principio de la gravitación universal, basada en la concepción de ciencia como sistema cultural, utilizando como instrumento la historia y la epistemología de las ciencias.

5. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es válida en tanto responde a las necesidades que la enseñanza de algunos fenómenos físicos requiere, por ende se retoman los puntos relevantes que para esta propuesta son necesarios abordar desde una perspectiva histórica y epistemológica.

En cuanto a la legislación, los estándares presentan de manera explícita en uno de sus ítems que los estudiantes del grado séptimo deben ser capaz de explicar el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales, relacionar masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar, y en los lineamientos curriculares de sexto a noveno se establece que se debe procurar el conocimiento de procesos físicos como las fuerzas y sus efectos sobre los objetos, sin embargo no es posible afirmar que en los espacios de conceptualización en educación básica se aborden estos temas desde perspectivas históricas y epistemológicas, lo que repercute en una visión muy limitada de los fenómenos abordados y los efectos que se

originan de esta postura se vislumbran en grados superiores donde los estudiantes no tiene la suficiente claridad conceptual para resolver los problemas matemáticos y teóricos que de la presente teoría se derivan. Por tanto es necesario crear espacios en los que la realidad sea construida y transformada por los estudiantes ya que la enseñanza de las ciencias no debe tener como fin la transmisión de conceptos, si no por el contrario fomentar la implementación de propuestas donde los conceptos científicos que se quieren enseñar adquirieran validez y significado para los estudiantes.

Es necesario abordar estos conceptos desde la perspectiva newtoniana ya que es a la luz de ésta que se inscriben los programas abordados en la básica secundaria, por ello es de vital importancia retomar los escritos que el propio newton hace al respecto para conocer el significado que para él representan estos conceptos en su teoría y de esta manera proponer estrategias de intervención con sustentos conceptuales claros, pero abordados de acuerdo a las necesidades del aula.

En torno a las imágenes de ciencias, ya es de todos conocido, la importancia y las consecuencias que tiene para la enseñanza de las ciencias una visión particular de la misma³, por tanto, es menester hacer investigaciones que brinden estrategias de intervención en las maneras particulares de abordar la ciencia, de esta afirmación se desglosa la importancia que tiene para la educación, profesores no solo con bases disciplinares si no que además cuenten con componentes epistemológicos y sociológicos ya que “el papel del maestro es determinante; no sólo está incidiendo en un grupo social si no que, a través de tal incidencia, se esta construyendo imaginarios que terminan adquiriendo carácter de realidad”.⁴

Es importante vincular la historia y la epistemología a las teorías enseñadas en el aula de clase; permite comprender que estas teorías y estas leyes no son palabras ni enunciados, si no que contienen un trasfondo histórico que muestra los procesos de su constitución y que son ante todo constructos sociales.

La importancia de la historia y epistemología en la enseñanza de las ciencias como componente indispensable en la formación de maestros, es la estrategia que se plantea para mediar las actividades académicas, de este enfoque se derivan consecuencias trascendentales para los estudiantes, ya que de él surge implícitamente una imagen de ciencia como sistema cultural (Elkana, 1983) que se hace indispensable implementar en los espacios de conceptualización enfocados al ámbito científico. Una metodología de

³ CARVAJAL, Cantillo, Etna.; GOMEZ, Vallarta, Maria del Rocío. “Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.” En: Revista Mexicana de Investigación Educativa. Septiembre-Diciembre 2002, vol. 7, núm. 16. pp. 577-602

⁴ RODRIGUEZ, Luz Dary.; ROMERO, Ángel. La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. En: física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. Universidad pedagógica Nacional. N°6. 1999

intervención (unidad didáctica) basada en la historia y epistemología de las ciencias permite:

- Un acercamiento a los libros de texto con la convicción de que existe un trasfondo histórico y social que sostiene todas las leyes, teorías y enunciados que se encuentran plasmados en estas herramientas didácticas, por tanto, es necesario hacer conscientes a estudiantes y profesores que la construcción del conocimiento es un proceso que implica tiempo y numerosos factores tales como: intereses sociales, particulares, políticos, religiosos, etc. que en últimas dirigen el curso de la dinámica científica.
- Tanto estudiantes como docentes comprendan el trasfondo que le subyacen a las teorías y la maduración intelectual que debe sufrir el pensamiento humano para materializar las diferentes perspectivas en una ley. Que los estudiantes sean conscientes de que esta dinámica puede crear un ambiente en el que ellos se identifiquen con el proceso de construcción de conocimiento que están llevando a cabo, generando una ideología diferente a la memorización de una ecuación que en últimas no da cuenta de tal proceso; que los docentes sean conscientes de ello posibilita desarrollar un pensamiento flexible ante las diversidad realidades de sus estudiantes, además de ser conscientes que ellos requieren un espacio de asimilación, elaboración y estructuración de los conceptos, leyes y teorías.
- Orientar actividades donde se materializan todos los estudios realizados en cuanto a la importancia de la historia y epistemología de las ciencias, teniendo como base algunos ideales que desde esta postura han sido objeto de estudio durante varios años.

Es importante resignificar algunos conceptos utilizados en los libros de texto para la enseñanza de la Teoría de la Gravitación Universal ya que tienden a confundir a profesores y estudiantes, estos son utilizados de manera deliberada y poco estructurada, usualmente encontramos ambigüedades entre masa y peso y una incomprensión del concepto de fuerza⁵. En cuanto a este último término no se pretende resolver los problemas que giran en torno a él, solo se harán en este trabajo algunas precisiones necesarias para comprender la TGU ya que el concepto es, en si mismo un objeto de estudio de numerosas investigaciones por su gran complejidad y ambigüedad.

Esta usual manera de abordar los conceptos de la física no terminan mas que por adquirir cualidades de glosario que en últimas no permiten tener una clara comprensión de los fenómenos, ni mucho menos se utilizan en la solución de

⁵ Estas ideas son fácilmente comprobables, es usual encontrar de manera consensuada interpretaciones de la fuerza como causa del movimiento de los cuerpos. Las confusiones entre peso y masa, han sido reiterativas en las entrevistas orales a los estudiantes de los grados séptimos de la institución educativa el Salvador.

situaciones problemas tanto de carácter matemático como en la vida cotidiana, generando malas interpretaciones de la teoría e ideas alternativas de la misma. Es importante dar interpretaciones claras a nivel conceptual ya que de este proceso se genera una adecuada comprensión de la teoría de la Gravitación universal y otras teorías y asignaturas que obligan la utilización de dichos términos, además, el conocimiento de los procesos de construcción permiten al estudiante organizar su propia “autonomía intelectual” y argumentar las ideas de una forma adecuada y razonada.

Este tema permite extrapolar el conocimiento construido en clase a situaciones de la vida cotidiana, generando espacios donde sea posible encontrar la utilidad de los contenidos. Al entender la fuerza de la gravedad como responsable de la atracción de los cuerpos será posible que los estudiantes dimensionen los efectos que se derivan de la existencia de este fenómeno, y permite además propiciar espacios en los que los estudiantes construyan argumentos críticos y sean capaz de comprender a futuro que junto con otras tres fuerzas (electromagnetismo, interacción nuclear fuerte e interacción nuclear débil) la fuerza de gravedad originan todas las propiedades y actividades observadas en el Universo, así como también la teoría gravitacional propuesta por Einstein, además podrán comprender que la fuerza gravitatoria rige el movimiento de los planetas alrededor del Sol y de los objetos en el campo gravitatorio terrestre y que también es responsable del colapso gravitacional que constituye el estado final del ciclo vital de las estrellas masivas, además de resolver muchos fenómenos astrofísicos, por tanto, al garantizar buenos procesos de enseñanza en dicha teoría se da la posibilidad de abrir campos de estudios futuros y dejar claro que al tener bases conceptuales sólidas en la educación secundaria es muy factible que se construyan conocimientos especializados de una manera significativa y con suficiente coherencia y claridad frente a los fenómenos estudiados.

La enseñanza, en nuestro caso en particular, de las ciencias naturales contempla que “la escuela en cuanto sistema social, debe educar para que los individuos y las colectividades comprendan la naturaleza compleja del medio ambiente natural y el creado por el hombre, resultante de la integración de sus aspectos biológicos, físicos sociales, económicos y culturales, construyan valores y actitudes positivas hacia la conservación y defensa de los recursos naturales y desarrollen las competencias básicas para resolver problemas ambientales”⁶ Para contribuir a esto debemos involucrar en los procesos educativos la epistemología la cual nos brinda la posibilidad de abordar lo que le subyace a una enseñanza de las ciencias. Nos referimos a la epistemología por que tiene como objeto de estudio la ciencia misma, es decir, para abordar las nuevas tendencias educativas debemos empezar por reconstruir el prototipo de maestros con argumentación disciplinar y didáctica,

⁶ Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Ministerio de Educación Nacional. Serie de lineamientos curriculares. Santa Fe de Bogotá, D.C., 7 de junio de 1998. <http://menweb.mineducacion.gov.co/lineamientos/ciencias/ciencias.pdf>. Fecha de consulta: Agosto 21/2007

así como también con fundamentos epistemológicos e históricos que le brinden la posibilidad de asumir los procesos educativos como actividad social, del que se genera una manera particular de adoptar la ciencia y por consiguiente su enseñanza, es por esto que la historia y epistemología nos permite asumir que el pensamiento científico no es solo propio y exclusivo de las comunidades científicas, por el contrario al hacer parte de su difusión podemos de igual manera comprenderla, mas allá de predicar la ciencia como producto del trabajo científico este debe asumirse como un proceso, que permite análisis mas profundos dando como resultado sujetos críticos capaces de asumir de manera conciente que la enseñanza de las ciencias intrínsecamente esta supeditado por las imágenes que de estas se derivan y al ser concientes de esto, tomar una postura particular derivada de las necesidades que como sujeto cada maestro tiene y de las que cada estudiante requiere.

Como elemento adicional en la enseñanza de las ciencias desde una postura autónoma, crítica y reflexiva frente a los componentes disciplinares, se derivan las utilidades didácticas que para tal fin son necesarias, por ende en este trabajo se plantea una propuesta didáctica consecuente con la intención de crear espacios para la construcción científica donde el protagonista de cada realidad y cada perspectiva sea el estudiante.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 PERSPECTIVA HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICA DE LA TEORÍA DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Este capítulo está enfocado hacia la realización de un análisis histórico y sociológico de la teoría de la Gravitación Universal, como también, hacia la comprensión de los factores que determinaron el reconocimiento de los trabajos de Newton como propuesta importante de la mecánica clásica. En este sentido, se hace necesario resaltar que la mecánica clásica en ningún momento se debe considerar como una sola, la mecánica newtoniana no es ni debe asumirse como el único sistema teórico base ni considerar a las demás formulaciones como desarrollos formales del pensamiento newtoniano.⁷ Existe una variedad de planteamientos que muestran una concepción y una propuesta diferente sobre la manera como puede ser abordada la mecánica, tal es el caso de Euler y d'Alembert quienes establecieron los fundamentos de la mecánica desde perspectivas diferentes.⁸ Sin embargo, se considera de vital importancia comprender la dinámica que se ha generado en torno a dicho fenómeno desde una mirada newtoniana ya que los fundamentos conceptuales que se consideran en los lineamientos y estándares de ciencias están enmarcados en esta perspectiva.

Por otra parte, un análisis de la TGU (Teoría de la Gravitación Universal) puede resultar de interés o ser necesario tanto para maestros como para estudiantes, ya que una recontextualización basada en la historia y la epistemología de este fenómeno, posiblemente genere un contexto académico particular que parte de los intereses del educador y de los educandos y que al mismo tiempo determina las formas de actuar y relacionarse con la dinámica científica.

1.2 CONTEXTO HISTÓRICO Y SOCIOLÓGICO DE LA TEORÍA DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

El análisis desde la historicidad y la sociología de las ciencias, permite mostrar el proceso de construcción y consolidación de la teoría de la gravitación

⁷ Siguiendo a Ayala; Malagón; Romero, "De la mecánica newtoniana a la actividad de organizar fenómenos mecánicos. En: física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. Numero7. 2004.

⁸ Véase: Romero, A. "La búsqueda de los principios fundamentales de la mecánica: Euler y D'Alembert". Praxis Filosófica. Departamento de filosofía. Universidad de Antioquia. Numero 24. enero junio 2007.

universal no como el producto del pensamiento de un solo hombre sino un esfuerzo y una construcción compartida de multitud de pensamientos y reflexiones para comprender la organización del universo. Desde esta perspectiva se retoman las ideas de Elkana:

“En el que la ciencia se considera como un sistema cultural... esta construida históricamente, sometida a Standard de juicio históricamente definidos. Por lo demás, ella puede ser cuestionada, discutida, afirmada, formalizada, enseñada, y por sobretodo, varía de forma extrema de una persona a otra; puede, en algunos puntos, variar de una disciplina a otra y varia sin duda en forma extrema de una época a otra”⁹.

En consecuencia con esta idea, es factible resaltar en la historia de la gravitación universal cada una de las formas de vida adoptadas por los pensadores, como una ciencia particular, de igual significación o valor que los demás pensamientos tanto de esa época, como en la contemporaneidad. Esta idea se puede extrapolar a los pensamientos de los docentes y es válida por no decir necesaria, en la medida que los hace conscientes de la existencia de las diferentes representaciones de los estudiantes entorno a un fenómeno en particular y por ende lo trascendentales que pueden ser en la construcción del conocimiento de cada individuo, ya que el docente no enseña una ciencia, por el contrario, propicia espacios en los cuales cada individuo construya su representación del mundo.

La recontextualización que se plantea es válida en tanto responde a las exigencias que pueden considerarse necesarias para el aprendizaje de la TGU, por ello se aplican instrumentos¹⁰ que permiten aproximarse a las dificultades, que en algunos casos enfrentan los estudiantes en la comprensión de dicho fenómeno y en las representaciones que se manejan en torno a él. Siendo consecuentes con la intención de la resignificación, se reitera la importancia de conocer y comprender de manera crítica la historia que gira en torno a la TGU desde una perspectiva sociológica, esto brinda una manera particular de abordar los problemas conceptuales que giran en torno a la enseñanza de la mecánica Newtoniana, tales como fuerza, masa, peso, inercia, gravedad, entre otros. En este trabajo se planteará por consiguiente, la resignificación en torno a estos conceptos ya que son los que se proponen desde los lineamientos y estándares como fundamentales para la comprensión de los fenómenos gravitacionales.

Para lograr el objetivo de comprender la teoría de la gravitación universal desde una postura sociológica, es necesario recrear la historia de todos los pensamientos y doctrinas que vivió la humanidad hasta unificar las diversas ideas sobre el fenómeno de la gravedad en toda una teoría física. Tal como lo

⁹ Elkana, Yehuda. “la ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. Artículo N° 5 Boletín. Sociedad Colombiana de epistemología. Bogota, Vol 3, enero-diciembre 1983. Pág 65-80.

¹⁰ Los instrumentos aquí mencionados se hacen explícitos en la metodología de este trabajo, y los resultados de los mismos se encuentran en el apartado de análisis y resultados.

plantea P. Duhem¹¹, el reconocimiento de la historia nos demuestra que la consolidación de un pensamiento científico es un proceso comunitario que adquiere según el pensador, las corrientes filosóficas y los contextos, diferentes matices durante su proceso de consolidación. Todo esto se traduce en un proceso evolutivo que se da de manera lenta y progresiva.

1.3 HISTORICIDAD DE LOS CUERPOS GRAVES Y SUS PENSADORES

¹² La historia de la gravitación universal se remonta a la ciencia griega, entre los pensamientos de los primeros filósofos siempre se encontraba la idea de la gravedad debido a su gran generalización e importancia, las meditaciones estaban orientadas a la definición y comprensión de los cuerpos ligeros y los cuerpos pesados. Luego de estas primeras ideas surge de manera más imponente el pensamiento de Aristóteles según el cual todos los cuerpos son mixtos, es decir están constituidos por los cuatro elementos; tierra, agua, aire y fuego, estos cuerpos debido a la proporción de los elementos que la componen son mas o menos pesados, la organización de los cuerpos en la tierra era básicamente la correspondencia con la idea de que cada cuerpo tiende a ocupar su lugar natural; lugar que está mas próximo al centro del mundo mientras mas elementos pesados posea el cuerpo, toda esta disposición de los cuerpos estaba encaminada y obedecía al orden del mundo.

Desde esta metafísica peripatética se comienza a observar la atracción como el orden natural que siguen los cuerpos y no como una atracción violenta ejercida por el centro de la Tierra. Con el perfeccionamiento del pensamiento escolástico esta doctrina adquiere un matiz diferente; en todo grave hay un punto determinado que desea unirse con el centro del universo, y ese punto es el centro de gravedad del cuerpo. La gravedad se entendía entonces como aquella que se ejerce entre dos puntos y se parece a las acciones de polo a polo, con las que durante mucho tiempo se han representado las propiedades de los imanes.

En el siglo XVI las ideas de Copérnico generan una revolución que destruye el sistema geocéntrico y derriba las bases mismas sobre las que descansaba esta teoría de la gravedad. La filosofía de Copérnico consistía en negar la tendencia de cada cuerpo a su lugar natural y en sustituirla por la simpatía mutua de las

¹¹ Considerado de gran importancia para el desarrollo y el establecimiento de la historia de las ciencias. (Paty, M. conferencia sobre Historia y epistemología de las ciencias Universidad de Antioquía 2007).

¹² Historia retomada de DUHEM, P. "La teoría física su objeto y su estructura". Herder Editorial, S.L., Barcelona 2003. En el análisis que se hace de esta capítulo es posible evidenciar la construcción de la historia de la gravitación universal con un carácter sociológico ya que se tienen en cuenta aspectos ideológicos, filosóficos y culturales.

partes de un mismo todo. La tierra ya no se sitúa en el centro del universo; los físicos deben buscar hipótesis nuevas sobre la teoría de la gravedad, las consideraciones para tener en cuenta en estas nuevas hipótesis son de analogías: comparan la caída de los graves hacia la tierra con el movimiento del hierro hacia el imán. “Lo semejante atrae lo semejante”, el universo exige que las diferentes partes de un cuerpo tiendan a reunirse cuando alguna violencia las ha separado.

En este punto de la historia es posible vislumbrar en las ideas copernicanas algunas posibles consideraciones sobre el lugar donde radica esta misteriosa fuerza, su origen y su destino ya no son la búsqueda del centro del universo; si cada parte de un cuerpo siente una simpatía por su todo, esto significa que cada parte de la luna se dirige hacia la luna y que cada parte del Sol pertenece a este astro de donde ha surgido. Con la germinación de esta idea se abre paso a la posibilidad de que todos los astros conocidos posean dicha propiedad atractiva, sin embargo esta idea y todas las consecuencias que de ella se derivarían, solo se perfeccionaría siglos mas adelante.

Esta nueva forma de pensamiento dista mucho de la filosofía de Aristóteles quien no consideraba la gravedad como una simpatía del semejante por su semejante, además afirmaba que los graves caen no para unirse a la tierra, si no para unirse al centro del universo; “si la tierra fuera arrancada de su lugar y se hallara retenida en la orbita de la luna, las piedras no caerían sobre la tierra si no hacia el centro del mundo”.¹³

De todas maneras tanto para los copernicanos como para los aristotélicos existían ciertas similitudes; la gravedad es una tendencia innata del cuerpo grave y no una atracción violenta ejercida por un cuerpo extraño; además esta tendencia de todas las partes hacia un punto es la causa de la figura esférica que presentan todos los cuerpos celestes. Como vemos, las ideas aristotélicas continúan de manera arraigada en los pensamientos posteriores a su época, esto se explica tal vez por el gran poder explicativo que presentaban sus ideas, el monopolio de sus pensamientos era una especie de dogma que predominaba tanto en su época como en los siglos posteriores. Aunque Copérnico construía las primeras bases de una nueva representación del universo, era difícil que de manera radical se dejaran de un lado ideas metafísicas y se cambiara la tendencia de explicar la caída de los cuerpos y el movimiento de los astros y su influencia en los cuerpos celestes.

Con la revolución copernicana la gravedad adquiere una razón de ser semejante a los cuerpos que poseen una virtud magnética; los elementos terrestres permanecen unidos al astro del que forman parte y hacen que conserve su figura esférica. La cualidad de atracción de los cuerpos hacia la Tierra permite la forma circular que esta presenta. Esta idea inicial fue

¹³ Aristóteles. Libro IV del *De Caelo*. Citado por: Duhem, Pierre. *Ibíd.* Pag. 301

compartida por varios hombres importantes como Leonardo Da Vinci, Mercenne, Fracastoro y William Gilbert, quien moldeó esta teoría bajo el nombre de filosofía de la imantación, en este punto de la historia comienza a nacer una idea muy rudimentaria y poco general de lo que más adelante se convertiría en la tercera ley del movimiento: acción y reacción; Newton moldea esta ley para materializar la acción a distancia entre los planetas, y aunque Gilbert no consideraba la acción a distancia sino los “efluvios”, se puede apreciar una atracción magnética entre cuerpos que se da sin ninguna clase de contacto y que es recíproca. Esta idea de la imantación fue aceptada por Francis Bacon y Kepler, este último aunque se declaraba un fiel admirador de Gilbert cambió todos los principios que hasta ese momento existían: sustituyó las tendencias de las partes de un astro hacia el centro de ese astro por atracciones mutuas entre las partes; proclama que esta atracción deriva de una única y misma propiedad, ya se trate de partes de la Luna o de partes de la Tierra; deja de lado toda consideración relativa a las causas finales que vinculan esta virtud a la conservación de la forma de cada astro; niega todo poder de atracción o de repulsión a cualquier punto matemático, “un punto matemático ya sea el centro del mundo o cualquier otro punto, no podría mover efectivamente a los graves, ni tampoco podría ser el objeto al que tienden”, una fuerza así no podría pertenecer a un punto que no es un cuerpo y que está concebido de una forma relativa.

“Esta es la verdadera doctrina de la gravedad: la gravedad es una atracción mutua entre cuerpos semejantes, que tiende a unirlos y a juntarlos; la facultad magnética es una propiedad de la misma clase: es la Tierra la que atrae a la piedra y no la piedra la que tiende hacia la Tierra. Incluso si colocamos el centro de la Tierra en el centro del mundo, no es hacia ese centro del mundo hacia el que se dirigirían los graves, sino hacia el centro del cuerpo redondo con el que están emparentados, es decir, hacia el centro de la Tierra. Además si transportáramos a la Tierra a cualquier otro lugar, los graves siempre tenderían hacia ella, en virtud de la facultad que posee. Si la tierra no fuera redonda, los graves no se dirigirían desde todas partes directamente hacia el centro de la tierra, sino según el lugar de donde procedieran, se dirigirían a puntos diferentes. Si en un determinado lugar del mundo colocáramos dos piedras, cercanas entre si y fuera de la esfera de influencia de cualquier cuerpo que esté emparentado con ellas, esas piedras, a modo de imanes, irían a unirse en un punto intermedio, y los caminos recorridos hasta unirse estarían en razón inversa a sus masas.”¹⁴

Las ideas keplerianas marcan una ruptura entre el pensamiento metafísico que fue una constante en las ideas Aristotélicas y Copernicanas; consideraban la atracción gravitacional como una cualidad innata de los cuerpos que los hacía buscar un punto determinado. El pensamiento Kepleriano elimina dichas ideas

¹⁴ Joannis Kepleri, De motibus stellae Martis commentarii, Praegae, 1609. Citado de Duhem, Pierre. *Ibíd.* Pág. 306.

y plantea cuerpos materiales en los que sea posible hacer radicar esta fuerza. Desde esta nueva concepción, la introducción de un cuerpo material que goce de todas las características de éstos se hace indispensable, es decir, que solo la existencia de otro cuerpo permitiría el surgimiento de la interacción atractiva; la condición de esta fuerza es que se presenten dos cuerpos materiales, no matemáticos ya que éstos daban la idea de lo metafísico y lo intangible.

Los físicos de la primera parte del siglo XVII comenzaron a creer en una gravedad mutua entre los planetas y los astros, esta idea se fue extendiendo y consolidando cada vez más a pesar de las dificultades para comprender por qué no chocaban entre sí la Luna y la Tierra.

En el siglo XVII no existía una teoría que explicara por que la luna y la tierra no chocaban entre sí, sin embargo esta pregunta podía ser respondida desde la perspectiva de cualquier doctrina que se adoptara, por ejemplo, desde Aristóteles se podría argumentar que estos astros no chocan debido a que cada cuerpo experimenta una tendencia natural que lo llevaría a ocupar el lugar mas favorable para su propia conservación y para la disposición mas armoniosa del mundo, además, al imaginar una luna perfectamente redondeada y lisa, es posible ubicarla en lo supraterrrenal donde solo tienen lugar los cuerpos perfectos; aquellos no descenderían para mezclarse con lo terrenal.

Si se adoptaran las ideas que se gestaron en el pensamiento de Leonardo da Vinci y que continuaron en el pensamiento copernicano, se podría argumentar que la Tierra y la Luna no chocan entre sí por que cada parte de un astro tiende a ocupar el centro de gravedad de ese astro, lo que podía explicar que la tierra y la luna se mantenían cada una en función de su propio centro de gravedad.

Antes de considerar la gravedad como universal, se consideraba como una virtud propia de cada astro, esta era la idea planteada por Galileo y que tal vez podía ofrecer otra explicación a la pregunta en cuestión, es decir que la tierra y la luna no tendían hacia un reencuentro ni hacia el centro del mundo sino hacia el centro del globo terrestre en el caso de la Tierra y hacia el centro del satélite terrestre en el caso de la Luna.

La filosofía de la imantación de Gilbert también apuntaba hacia estas mismas consideraciones, pues según este principio, todas las partes de un cuerpo “tienden hacia la madre de la que han salido”.

A la luz de estos pensamientos era factible tratar de buscar explicaciones a este fenómeno observable, pero la incertidumbre radicaba en la falta de acuerdo sobre la explicación mas adecuada.

Desde la mecánica newtoniana se sabe que una fuerza surgida de la interacción entre cuerpos, comunica una aceleración que será proporcional a dicha fuerza; cuando esta fuerza coincide con el movimiento del objeto se describe una trayectoria en línea recta, pero si la fuerza es perpendicular al

movimiento del objeto, entonces se describe una trayectoria circular, tal es el caso de la atracción entre la luna y la tierra; la luna adquiere indefinidamente una aceleración que siempre va a ser dirigida hacia el centro de la Tierra.

En general hoy en día se argumenta que la luna se encuentra cayendo constantemente hacia la Tierra, pero al mismo tiempo y debido a su inercia, la luna tiende a alejarse de la Tierra. El planeta, por otro lado, la atrae debido al peso del satélite. Ambos efectos se contrarrestan. Se dice, entonces, que el satélite está en órbita. Por tanto la fuerza de la gravedad es en realidad una combinación de la fuerza gravitatoria debida a la atracción terrestre y una fuerza centrífuga opuesta debida a la rotación de la Tierra.

Entre tanto, en la formación de esta historia, las causas de las mareas iban encontrando por fin un consenso; la hipótesis de que la Luna y el Sol pudieran ejercer acciones análogas sobre los océanos, era la que más adeptos conseguía. Esta idea fue generalizada y ampliada hasta el punto de llegar a una suposición de la gravitación universal; Roberval fue quien presentó dicho escrito, sin embargo no se atrevió a mostrarla con su nombre, sino que afirmó ser el editor y comentarista de una obra atribuida a Aristarco de Samos. La suposición de Roberval planteaba que todas las partes que conforman un astro están dotadas de una propiedad que hace que por medio de un esfuerzo continuo se reúnan en una sola masa, se dirijan las unas hacia las otras y se atraigan de manera recíproca, hasta el punto de no poder ser separadas sino por una fuerza mayor. Es decir, que exactamente cien años después de la publicación de los 6 libros de Copérnico Sobre las Revoluciones Celestes, se formulaba la hipótesis de la gravedad. Sin embargo, faltaba algo, ¿bajo que ley se podría explicar la influencia de la distancia en la atracción mutua?, Roberval no dio respuesta a esta pregunta.

En este punto de la historia es posible comprender otro gran paso para la construcción de la gravitación: el buscar cuál era el medio que permitía que las acciones de los astros se expandieran por el espacio, lo que repercutía directamente en una respuesta sobre el mecanismo que servía a la gravedad como transporte. Las argucias en la búsqueda de este medio de propagación fueron muy extensas, la diversidad de hipótesis complicaban y acrecentaban la labor; existían tres alternativas principalmente: darle paso a ideas metafísicas (rayos ocultos, virtudes de los astros), considerar la luz de los astros como la transmisora de tal atracción o las propiedades de la imantación como el medio de transporte; si el imán actuaba sobre el hierro sin necesidad de luz, entonces, cómo no iban a poder actuar los astros de la misma manera.

Desde tiempos atrás, ya existía la creencia en una cierta analogía entre las acciones de los astros y la luz que ellos emanaban. Muchos físicos, entre ellos Roger Bacon y Kepler, consideraban que la virtud (es la que emana el Sol y le permite sujetar a los planetas y viaja en todo el espacio en línea recta) que el Sol le imprimía a los demás astros, no era idéntica a su luz pero tal vez se valía de este medio como un instrumento de propagación. En la antigüedad Euclides

ya había establecido que la intensidad de la luz emitida por un astro, varía en razón inversa al cuadrado de la distancia a este astro. Kepler demostró esta antigua suposición, la analogía ahora estaba encaminada a establecer que la virtud emanada del Sol variaría en razón inversa al cuadrado de la distancia a este astro, pero lastimosamente la dinámica de Kepler aun estaba influenciada por la antigua dinámica aristotélica, (la fuerza que mueve a un móvil es proporcional a la velocidad de ese móvil), con esta manera de razonar, la ley de las áreas construida por Kepler, le lleva a proponer que la virtud a la que está sometida un planeta varía en razón inversa a la simple distancia del Sol.

La conclusión del análisis de Kepler se puede sintetizar en los siguientes términos: la luz se expande en todas las direcciones en el espacio y su intensidad es inversa al cuadrado de la distancia a la fuente, mientras que la virtud que emana el Sol, se propaga solamente en el plano del ecuador solar y con una intensidad inversa a la distancia recorrida.

Algunos físicos contemporáneos tales como Boulliau y Kircher, retomaron las ideas keplerianas y las generalizaron hasta el punto de establecer tanto para la luz que emite una fuente como para la virtud que emana el cuerpo, una ley de decrecimiento en razón inversa al cuadrado de la distancia. Desde este momento la idea de cómo la virtud magnética por la cual las diferentes partes se dirigían las unas hacia las otras iba a servir para explicar los movimientos de los astros, pero por ahora no se sabía todo el poder explicativo que este pensamiento llegaría a tener. Como ya vimos, estas ideas fueron formuladas en la antigüedad desde Euclides, pero sólo hasta este punto se desarrollarían más ampliamente, esta idea es fundamental en el pensamiento newtoniano ya que permite establecer la relación entre la distancia de dos astros y la luz que ellos emanan.

En el año 1672 Hooke ya tenía posesión de todos los postulados que servirían para construir el sistema de la atracción universal, pero no pudo sacar provecho de sus conocimientos por que no comprendía cómo el movimiento curvilíneo produce una fuerza variable en tamaño y en dirección, ignoraba las leyes de la fuerza centrífuga tanto para un cuerpo que describiera una órbita circular como para aquel que se moviera sobre una elipse.

Las investigaciones de Huygens sobre el reloj de péndulo permitían resolver los problemas al menos para las trayectorias circulares. Los estudios de Leibniz, de Halley de Wren y del propio Hooke, se acercaban cada vez mas a una teoría adecuada y con mayor poder explicativo de las leyes planetarias, pero cuando todos estos físicos estaban prestos a mostrar sus ideas finales, Newton presenta en 1686 sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural en donde se desarrolla con toda extensión la teoría de la que Hooke, Wren y Halley sólo habían entrevisto unos apartados. En este punto no se hacen explícitos los factores sociales, culturales y las influencias de algunos físicos y pensadores en las ideas newtonianas y que le permitieron a este personaje materializar sus

juicios y consolidar de una manera acertada todas las nociones dispersadas en siglos anteriores con respecto a esta teoría.

Esta historia desde la ciencia griega hasta Newton culmina en la postulación de la teoría de la gravitación, aunque no recibe dicha nominación por el propio Newton, mas bien se inscribe como principio derivado de su manera de concebir la ciencia.

Como se ha visto a lo largo de este escrito el proceso de construcción y consolidación de una teoría no es un hecho repentino y aislado, sino que por el contrario fue una actividad constante, un modo de vivir que adoptaron cada uno de los hombres involucrados en ese pensamiento. Ya desde el s. XVII, -según P. Duhem-, todos los materiales que servirían para construir la hipótesis de la atracción universal, estaban reunidos, cortados y dispuestos para ser utilizados, pero aun no se sospecha todo el alcance que llegaría a tener esta obra. Newton no vislumbró sus ideas de manera repentina sino que dio forma y moldeó las ideas que en ese momento existían.

Igualmente, este análisis permite ejemplificar, como los contextos, intereses y el movimiento intelectual en general, son determinantes para la actividad de la ciencia. En este sentido se puede decir que es todo un movimiento intelectual entorno a un problema lo que le permite, más tarde a Newton, construir la teoría de la gravitación. Bajo estas circunstancias, resulta lícito afirmar que la actividad científica, es una actividad humana históricamente constituida, es decir, es una actividad cultural ligada a contextos particulares.

1.4 EL CONTEXTO SOCIAL: ¿De donde nacen las ideas?

El contexto sociocultural es de vital importancia y trascendental para la consolidación de las teorías, el hecho que Newton pensara en los problemas de la mecánica de una manera muy general, es el resultado de las necesidades de la época, de la industria, de la guerra y de los intereses políticos que primaban para aquel entonces. A continuación se podrá ver de manera explícita cómo los contextos son determinantes en la construcción del conocimiento científico, ya que obligan al desarrollo de nuevos y mejores avances, además abren nuevas posibilidades de comprender y modificar las representaciones de la sociedad y el mundo.

¿Qué factores le permitieron a Newton postular sus ideas y consolidarlas a modo de teoría? En primer lugar se considera que la época de las luchas de las clases en la Revolución Inglesa en la cual se desarrolla el pensamiento de Newton es una fuente importante para el giro que sus investigaciones adoptan. La revolución inglesa había comenzado, era menester resolver los problemas

que la mecánica planteaba para poder continuar con las nuevas necesidades de producción, transformación y crecimiento de las ciudades.

Según Marx¹⁵ este periodo en la historia de la humanidad se considera como la historia del desarrollo de las formas de propiedad privada, y lo divide en tres etapas. La primera es la del predominio del feudalismo. La segunda es la aparición y desarrollo del capital comercial y de la manufactura. La tercera es la dominación del capital industrial.

Newton se encuentra en el momento histórico que corresponde al segundo periodo del desarrollo de la propiedad privada. La descomposición de la economía feudal permite el surgimiento de este periodo, el nacimiento de la manufactura fue consecuencia inmediata de la división del trabajo entre diferentes ciudades. Conjuntamente con la manufactura, se modificaron las relaciones entre el trabajador y el que lo empleaba. Surgen relaciones monetarias entre el capitalista y el trabajador, se disuelven las relaciones patriarcales entre maestros y aprendices.¹⁶ A grandes rasgos estas son las características que definen este periodo en el cual se da el florecimiento del pensamiento de Newton.

El comercio, la industria, y la actividad militar se están desarrollando significativamente, las transformaciones y el crecimiento de las ciudades demandan nuevos retos a las vías de comunicación y a la ingeniería. Nuevas necesidades surgen para posibilitar mecanismos de transporte más rápidos y efectivos, el apetito por el oro y demás minerales genera la necesidad de maquinaria para las extracciones y con esto se deviene el desarrollo de nuevas armas para la industria militar y las colonizaciones. Para satisfacer las demandas de todos estos factores se requiere en primera instancia de conocimientos en todas las disciplinas, particularmente en el área de física, geometría, matemáticas, astronomía, entre otras. Con el fin de resolver los problemas de las vías de comunicación era necesario conocer sobre hidrodinámica, mecánica celeste, leyes del movimiento en líquidos, leyes de flotación de los cuerpos etc. Para resolver los problemas de la industria era menester tener conocimientos sobre las máquinas simples, mecánica, presión atmosférica entre otras. Muchos de los avances tecnológicos de aquella época surgían gracias al estudio de distinguidos físicos. Según Boris Hessen el progreso de la balística va de la mano con los trabajos de algunos físicos, entre ellos Galileo, quien brinda la teoría de la trayectoria parabólica de los proyectiles, Torricelli, Newton, Jean Bernoulli y Euler investigan el recorrido del

¹⁵ Citado por Hessen, Boris. Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton. Tomado de: Saldaña J.J (1989). Introducción a la teoría de la historia de la ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1989.

¹⁶ *Ibíd.* Pág. 84

proyector en el aire, estudian la resistencia de éste y las razones por las cuales el proyectil se desvía de su curso.

Este es uno de tantos ejemplos que se pueden resaltar y que demuestran que las investigaciones de los científicos se encontraban encaminadas a resolver los problemas que la época les demandaba. Aquí se hace pertinente exponer la gran relevancia que tiene para la construcción de las hipótesis y de las teorías científicas el contexto con el que se encuentran comprometidos los pensadores, físicos y filósofos; el contexto genera el espacio donde conviven las necesidades y los intereses de las personas, y es justo en ese momento en que se abre la oportunidad del nacimiento de las ideas que darán respuesta a esas exigencias y a esos clamores de la época, posibilitando la evolución del pensamiento y del conocimiento científico.

Muchos de los intereses de Newton devenían de las necesidades y avances tecnológicos de su época, desde su juventud ya se sentía cautivado por los procesos metalúrgicos y luego utilizó estos conocimientos con éxito durante su trabajo en la casa de la moneda, de entre algunas de sus prioridades cabe citar aquellas que él mismo manifiesta¹⁷; problemas de naturaleza puramente mecánica, orientación de navíos, métodos de extracción de los metales, astrología y especialmente la transformación de los metales.

Como se puede apreciar, las intenciones de Newton distaban mucho de encontrarse en lo abstracto y supra terrenal, sus ideas se hallaban en el centro de los problemas técnicos de su época, sus escritos muestran la manera decidida de resolver los problemas mecánicos que acaecían a su momento; las leyes de Newton son un método general para la solución de la inmensa mayoría de tareas de tipo mecánico, algunos de los temas expuestos por Newton en diferentes apartados de los principios trata temas como el problema del movimiento de los cuerpos, fundamentos de la hidrostática y de la flotación de los cuerpos, presión y compresión de los gases y líquidos, movimiento del péndulo en un medio resistente, resistencia de los cuerpos impulsados, movimiento de los líquidos, leyes de la caída de los cuerpos, leyes del movimiento de la luna (de gran importancia para la determinación de las longitudes en la navegación).

Al analizar todas estas intenciones no queda más que dejar de presentar a Newton como un ser olímpico, que se hallaba por encima de las preocupaciones inferiores técnicas y económicas de su época y que se movía sólo en las alturas del pensamiento abstracto.¹⁸

Otro factor de gran relevancia para el desarrollo de la propuesta newtoniana en el proceso de consolidación de la teoría de la gravitación universal, fue la influencia y las enseñanzas de los pensamientos y razonamientos de Kepler

¹⁷ HESSEN, Boris (1989) *Ibíd.* Pág. 101

¹⁸ *Ibíd.* Pág. 104

quien afirma sus teorías después de matematizar las observaciones de Tycho Brahe. Para Duhem, Kepler es realmente el verdadero creador de la Gravitación Universal ya que difiere de la usual concepción de las tendencias de las partes hacia el todo y postula la idea de atracciones mutuas entre las partes. Establece que dicha atracción surge de una misma propiedad e ignora las causas finales que se le atribuían al comportamiento de cada astro. Para ahondar más en las ideas de Kepler y vislumbrar cómo se diferenciaban de las ideas Copernicanas se ilustra un ejemplo que permite distinguir ambas posturas, además de reconocer la capacidad explicativa de las ideas propuestas por Kepler; para él un cuerpo expulsado de la Tierra y que viajara cerca de la Luna, sentiría una atracción hacia nuestro satélite en vez de ser hacia la tierra. Las ideas copernicanas por el contrario postulaban que cada astro tenía su gravedad específica, y que cualquier parte de la Tierra que fuera separada de ésta, regresaría espontáneamente y por instinto natural.

Las ideas de Kepler sirvieron de trampolín para elevar los pensamientos de Newton, cada una de sus ideas y de sus leyes fueron estudiadas y aprovechadas; la primera ley de Kepler -ley de las elipses-, establece que los planetas se mueven en elipses y que tienen el sol en uno de sus focos¹⁹ - le enseñó a Newton que cada planeta está sometido constantemente a una fuerza dirigida hacia el sol. La segunda ley -ley de igualdad de las áreas-, establece que los planetas corren menos cuando están más lejos, es decir, que una línea imaginaria entre un planeta cualquiera y el sol barre áreas iguales en tiempos iguales²⁰ - le enseñó a Newton que la fuerza que atrae a un planeta determinado varía según la distancia de este planeta al sol y que está en razón inversa al cuadrado de esta distancia. Y la tercera ley de Kepler - que establece que los cubos de las distancias medias de los planetas al sol son proporcionales a los cuadrados de los periodos de su revolución²¹ - le enseñó a Newton que diversos planetas, puestos a una misma distancia del Sol, sufrirían por parte de este astro, atracciones proporcionales a sus respectivas masas (Duhem, 1914). Como vemos el pensamiento Kepleriano permite a Newton establecer las bases conceptuales y teóricas de sus ideas. Kepler comenzó a analizar los datos de las observaciones de Tycho, su trabajo consistía en resolver el problema de la órbita de Marte ya que parecía ser la menos circular de todos los planetas, este trabajo le ocupó a Kepler ocho años y le llevó a descubrir que la órbita de Marte correspondía con precisión a una elipse, después de estas observaciones formuló sus dos primeras leyes planetarias en el año de 1609. (Hawking, 2003).

Concretamente lo que Newton extrajo de Kepler fue su tercera ley ya que a partir de ella comienza la verdadera consolidación de su teoría. En el año de 1665, Newton construye por sus propios medios las leyes del movimiento

¹⁹ NEWTON, Isaac. "Principios Matemáticos de la Filosofía Natural" Hawking, Stephen. A hombros de Gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía. Crítica Editorial, Barcelona 2003. pág 559

²⁰ Ibid. Pág. 559

²¹ Ibid. Pág. 559

circular uniforme, él compara esas leyes con la tercera ley de Kepler, y gracias a esta comparación comienza a considerar la noción de que el Sol atrae masas iguales de los distintos planetas según una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de las distancias²², este razonamiento se fue perfeccionando con las nuevas ideas de otros científicos y con mediciones mas precisas hasta que finalmente 20 años después, sus dudas se disiparon y pudo postular su teoría.

Que Newton fuera consciente del gran poder explicativo de las leyes de Kepler, es uno de los factores que propiciaron el escenario adecuado para el establecimiento de la teoría de la gravitación como una ley. Sin embargo en algunos puntos de este pensamiento, las ideas de Newton distaban mucho de la exactitud de las ideas de Kepler; sus leyes le asignaba al movimiento de los cuerpos celestes una orbita elíptica pero poco aproximadas. Newton observaba las perturbaciones de los cuerpos celestes con instrumentos precisos y métodos minuciosos y las comparaba con las perturbaciones calculadas; se valía de los principios de la dinámica, de la óptica, de la teoría del calor y la estática de los gases con el fin de comparar todo el conjunto de hechos observables con el conjunto de sus hipótesis²³. Newton trasciende los pensamientos que para la época se tenían realizando observaciones y explicaciones más profundas, tal vez esta cuestión responda a la pregunta de por qué fue Newton el creador de esta teoría y no Kepler quien ya se encontraba en los albores de esta doctrina, la respuesta es que tal vez el método puramente experimental de Kepler era válido en su momento para comprender la dinámica celeste, sin embargo, quedaba corto en el momento de ahondar en explicaciones mas específicas y fructíferas, su metodología era puramente experimental y basada solamente en los objetos que la observación permitían. Mientras que el método utilizado por Newton permite hacer generalizaciones a partir de inducciones, es esto precisamente lo que le permite a Newton transformar las ideas de Kepler, darles un nuevo carácter simbólico y comprender que el movimiento terrestre se puede explicar de manera análoga al movimiento de los cuerpos celestes.

La historia comentada en párrafos anteriores y el contexto en el que se gesta el principio de gravitación universal dan prueba de todos los factores que le subyacen a la consolidación de una teoría científica, el deseo de comprender cómo los cuerpos se atraen mutuamente con igual magnitud pero en sentido contrario de manera tan exacta que a pesar de aquella atracción no chocaran entre si, ocupó la mente de diversos pensadores que adoptaron un estilo de vida en pro de resolver tal enigma, este interés fue alimentado por la vicisitudes de cada época, los intereses sociales, y económicos fueron preponderantes en

²² Duhem, Pierre (1914). La Teoría Física, su objeto y su estructura. Herder Editorial, S.L., Barcelona 2003. Pág. 332

²³ *Ibíd.* Pág. 256.

cada una de las formas que adoptó esta teoría. Los modelos explicativos que surgieron a lo largo de la historia de la gravitación son una muestra fehaciente de las circunstancias que acaecían a un pensamiento en un momento determinado. Newton contaba con diversas ideas trabajadas desde Galileo acerca de esta explicación, sin embargo, era necesario unirlos de manera que pudieran explicar tanto movimientos celestes como terrestres bajo el mismo principio, por esta razón, se hizo necesario que Newton se tomara un tiempo para reflexionar en conceptos claves como: masa, peso y fuerza que aunados pudieran dar aquella explicación estudiada ya por el propio Aristóteles aunque bajo modelos diferentes.

¿Quién se hubiera imaginado que la gravitación tal y como se estudia hoy fue objeto de meditaciones desde mucho antes de Aristóteles y que gracias al repensamiento de este fenómeno en diversas épocas, alcanza la madurez necesaria para explicarlo?, es por esta razón que tanto la masa, como el peso e incluso la fuerza no son más que la materialización de las situaciones del contexto, comprender por qué una bala de cañón que es disparada con la suficiente pólvora cae inevitablemente describiendo una línea curva, tal vez permitió que Newton pensara que los cuerpos aunque tienden a mantenerse en su estado de movimiento o de reposo son obligados a caer, pensó entonces, que tal fenómeno está determinado por una cualidad propia de los cuerpos nombrada finalmente como masa, y que dicha masa se ve influenciada por una causa física que le obliga a cambiar su estado inercial ya fuera de movimiento o de reposo, por esta razón la bala de cañón describe tal movimiento, y por esta misma razón los planetas giran alrededor del sol sin chocar entre sí. Esta causa física que haría caer la bala de cañón a la tierra es lo que hoy conocemos como peso, pero sería posible considerarlo no sólo como el resultado de la masa por la fuerza de gravedad, si no como una herramienta que permitía potencializar y fortalecer el diseño de instrumentos que aseguraban una victoria y el bienestar para toda una población y al mismo tiempo que favorecía el crecimiento tecnológico de las ciudades.

Pues bien, estos conceptos desarrollados en los Principia, no surgieron de la noche a la mañana en un laboratorio, sino que fueron esbozados desde tiempos remotos y que sufrieron múltiples procesos evolutivos; se pusieron al servicio del hombre en su afán constante de explicar los fenómenos que los rodean, y se pusieron al servicio de la humanidad para responder al desarrollo social, cultural y económico de las sociedades.

2. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA TGU EN LA PERSPECTIVA NEWTONIANA

Es necesario antes de empezar este capítulo hacer explícito el alto grado de dificultad que representa la comprensión de los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural publicado por Newton en 1687, considerada quizás la más importante obra de este siglo ya que da un vuelco en la manera de pensar el mundo, crea una inflexión en la historia de las ciencias entre otros elementos, por la nueva manera de concebir la mecánica, además sus representaciones del mundo natural se materializan en tres capítulos sobre Física y Astronomía descritos bajo un lenguaje completamente geométrico y en sus investigaciones utiliza el cálculo de fluxiones que en aquel entonces y hasta el momento son un vivo ejemplo del brillante intelecto humano. Al realizar un análisis juicioso de los fundamentos conceptuales que se encuentran en este texto, es posible comprender y resignificar algunos conceptos y contenidos teóricos y bases estructurales de la propuesta newtoniana sobre mecánica, en pro de las necesidades de maestros y estudiantes, lo que podría permitir una mejor comprensión tanto de la mecánica clásica como de futuras y más complejas teorías, por ejemplo las einstenianas.

Para entender mejor lo que Newton plantea en sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural y la explicación que se deriva para comprender la teoría de la Gravitación Universal, es necesario analizar algunos de los conceptos que retoma para su explicación. Newton utiliza dos maneras para describir el movimiento de los cuerpos tanto celestes como terrestres, en ocasiones hace alusión a los conceptos de manera descriptiva y específica como en el caso del peso y de la masa y en otras sólo los menciona para explicar las causas de un fenómeno, tal es el caso de fuerza y cantidad de movimiento; todas enmarcadas desde una perspectiva causalista.

Frente a este respecto y analizando las ideas newtonianas que son base en la enseñanza de la TGU, es posible observar en cualquier libro de texto de ciencias naturales el significado de conceptos como fuerza, inercia o cantidad de movimiento, como si estuvieran descritos de manera explícita por Newton, contrariamente a lo planteado por éste en su libro. Algunas definiciones no se hacen explícitas en su texto, sino que son asumidas; punto que fue considerado como el talón de Aquiles para la mecánica newtoniana no sólo para sus contemporáneos sino también para los análisis que se harían siglos después, esta dificultad que no parecía ser un obstáculo para Newton fue objeto de estudio para Euler quien mediante el uso de razonamientos matemáticos dio un matiz diferente a las concepciones de Newton, dentro de los cuales encontramos la fuerza, masa puntual, inercia, fuerza centrífuga, acción-reacción, la igualdad de las fuerzas y el sentido de éstas desde una postura de la impenetrabilidad de los cuerpos (Trusdel, 1975)

2.1 CONCEPTOS DESDE LA PERSPECTIVA NEWTONIANA

El análisis de obras originales y los estudios historiográficos generan espacios intelectuales en los que se elaboran de manera crítica interpretaciones frente a un fenómeno de estudio en particular, esta actividad que era exclusiva de los más eminentes representantes de la cultura es ahora más que un privilegio, un deber de los maestros en su compromiso con las nuevas propuestas educativas. Por esta razón en el siguiente apartado se pretende hacer un análisis juicioso algunos de los conceptos estructurantes del principio de gravitación propuesto por Newton, partiendo de las definiciones que éste hace en su libro Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. En la primera parte se presentará una idea general de los mismos y posteriormente se hará un análisis más minucioso tratando de hacer explícito su importancia en la comprensión del principio.

Para Newton fue necesario hablar de la masa ya que permitía comprender que un cuerpo cualquiera, que estuviera dotado de esta propiedad podría experimentar una atracción. Newton define la masa como la cantidad de materia de un cuerpo, podría decirse además, que es la medida de la inercia, en tanto un cuerpo de mayor masa experimenta una mayor resistencia para cambiar la dirección o magnitud de su movimiento.

El peso desde esta perspectiva es la fuerza que un cuerpo experimenta cuando se encuentra sometido a la presencia de otro y depende de la interacción entre las masas que están involucradas, es por esta razón, que el peso de un cuerpo varía y su masa permanecerá constante si se cambiaran los sistemas de referencia inercial, si tenemos un cuerpo con 45 Kilogramos de masa en la tierra en la luna lo será igualmente, sin embargo el peso o la fuerza que surge de esta interacción varía, el peso por tanto, será 6.1 veces menor que el de la tierra, es decir el peso en la luna sería 7.3 Kilopondios para el cuerpo de 45 Kilopondios en la tierra. En términos contemporáneos esta situación se explica por los campos gravitatorios en los que se encuentra la masa, desde Newton está íntimamente relacionado con la interacción entre dos cuerpos ya que para conocer la magnitud de la fuerza de atracción, o de aceleración es necesario conocer la masa de los dos cuerpos involucrados, por esta razón el valor de la fuerza de gravedad es mayor en la tierra que en la luna ya que la masa de la tierra es mayor con respecto al de la luna, y en consecuencia con esto el peso en la luna será menor que en la tierra ya que la fuerza con la que es atraído es igualmente menor.

En cuanto a la fuerza tendría mucho que decirse ya que Newton retoma tres diferentes en su libro, y aunque es un concepto fundamental para su mecánica, no se presenta definición puntual de la misma, sin embargo, gracias a la lectura juiciosa y crítica se podría describir la importancia que representa para la comprensión de su principio. La idea de fuerza es de vital importancia en el

principio establecido por Newton, y es un concepto que ocupó la mente de diferentes pensadores a lo largo de la historia. Aristóteles con su filosofía del sentido común, consideraba que los cuerpos son atraídos por su naturaleza, todo tiende a buscar su estado natural, además de establecer una distinción necesaria entre el mundo sublunar e imperfecto y el celeste o perfecto; en aquel mundo imperfecto los cuerpos permanecían en su estado natural de quietud, estado que sólo cambia si se le obliga ello. La idea tradicional de fuerza, desde este contexto se define como cambio de movimiento, de la velocidad de los cuerpos, con Galileo ya se establece una relación diferente a la de Aristóteles en cuanto a la fuerza y el movimiento, para Galileo la fuerza adquiere una nueva connotación, referida a la causa de la modificación del movimiento, por tanto, los cuerpos permanecerán en su estado de movimiento si se les deja y no se les aplica una fuerza que se oponga a su estado de reposo o movimiento rectilíneo y uniforme. Newton le da un aporte importante a la idea de fuerza, entendida ya como una acción recíproca entre cada dos cuerpos, que presentan igual magnitud y su dirección es en sentido contrario.²⁴

En segundo lugar se realiza un análisis más específico, comenzando por la idea de cuerpo y de masa, los cuales a groso modo dan idea de un elemento tangible y corpóreo. Masa en la perspectiva newtoniana es contemplada como: *“La cantidad de materia, es la medida de la misma originada de su densidad y volumen conjuntamente”*.²⁵

El término masa, aunque es fácil de definir, se continúa confundiendo con el concepto de peso, el primero referido a la cantidad de materia que tiene un cuerpo y el segundo por el contrario considerado como el producto de aquella masa por la gravedad, por tanto es posible entender la masa como una cualidad de los cuerpos y el peso como la fuerza con que por ejemplo, la Tierra atrae a un cuerpo.

Para Newton la masa, la cantidad de materia y el cuerpo son sinónimos y se manifiestan por medio del peso y se encuentran en estricta proporcionalidad a éste. Por tanto no se hacía indispensable una distinción entre estos términos, sin embargo, en la teoría de la gravitación universal, es fundamental este concepto ya que permite entender que la masa es la que posibilita la atracción entre los cuerpos que poseen dicha propiedad. Las diferencias que los cuerpos presentan en cuanto a la cantidad de masa facilitan comprender las distinciones entre las diferentes intensidades que se dan en las atracciones. La masa es directamente proporcional a la fuerza de gravedad. Por ejemplo la Luna con 81 veces menos masa que la tierra presenta una gravedad seis veces menor y Júpiter con una masa 318 veces mayor que la Tierra presenta

²⁴ El concepto Newtoniano de fuerza en:
<http://intercentros.cult.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Fuerza/fuerza.htm>. Fecha de consulta Julio 3 de 2008.

²⁵ *Ibíd.* Pág. 651

una gravedad de $23,12 \text{ m/s}^2$ y protege a ésta de todos los meteoritos y asteroides que pueden caer en ella.

La comprensión de la masa es indispensable en la formulación matemática del principio de Gravitación Universal, ya que si se entiende la relación directa entre las masas de los cuerpos que están interactuando, se puede lograr dilucidar, por ejemplo, porqué en la interacción mutua entre la Tierra y un balón, éste último es el que se desplaza hacia la tierra y no al contrario, debido a que la diferencia en sus masas son las que generan el movimiento en este sentido.

Una comprensión del concepto de masa como característica fundamental para la atracción gravitatoria, permite comprender el *centro de masa*; si existen dos partículas de igual masa - para el ejemplo anterior, dos balones similares que se estuvieran atrayendo entre si-, el centro de masa se situaría en la mitad de la línea que los une. Y si se considera el ejemplo de la Tierra y al balón (con masas diferentes) el centro de masa se encontraría mas cerca del cuerpo de mayor masa, por tanto su desplazamiento sería mucho menor.

Desde la historia también podemos retomar la idea de centro de masa con la definición que Roberval da de la gravitación universal:

“Si la materia estuviera aislada, si no se hallara unida al sol o a otros cuerpos, se concentraría en un globo perfecto adoptaría exactamente la forma de un esfera, y no podría mantenerse en equilibrio si no hubiera adoptado esta figura. En esta figura, el centro de acción coincidiría con el centro de forma y hacia este centro tendería en todas las partes de la materia por su propio esfuerzo o apetito y por la atracción reciproca del todo”²⁶.

De aquí que el sistema formado por los dos balones se encuentre dispuesto alrededor de ese centro de masa.

La comprensión del centro de masa posibilita crear una relación con la concepción de Cantidad de movimiento definida desde la perspectiva newtoniana como *“la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la materia conjuntamente”*.²⁷ Aunque esta no es una definición puntual es considerada indispensable en la comprensión de la mecánica clásica, entender que *el movimiento del todo es la suma del movimiento de las partes*, puede ayudar a pensar cómo todas las partes del cuerpo son atraídas de igual manera y en igual proporción hacia el centro de masa. Además la cantidad de movimiento contempla que si se le aumenta la masa a un cuerpo con velocidades constantes, ésta cantidad de igual manera aumentaría, y para que ello ocurra es necesario aplicar una fuerza mayor que genere un efecto positivo en la permanencia del estado de movimiento para ese cuerpo.

²⁶ Duhem, Pierre (1914). Op.Cit. Pág. 321.

²⁷ Hawking, Stephen.(2003). A hombros de Gigantes. Op. Cit . Pág. 651

La cantidad de movimiento es una etapa más madura de la idea de ímpetu establecida por Galileo, quien proponía el movimiento inercial de manera circular y no lineal como lo propone más adelante Newton, tanto la cantidad de movimiento como la inercia, dependen de la cantidad de materia. Para referirse a la inercia es necesario considerar la cantidad de movimiento de los cuerpos, dicha cantidad depende (como se dijo anteriormente) de la masa y naturalmente de la velocidad.

Un cuerpo en movimiento inercial mantendrá constante en magnitud y dirección, su cantidad de movimiento.

De acuerdo con la expresión matemática de cantidad de movimiento, se puede establecer una proporcionalidad entre la fuerza y el cambio en la cantidad de movimiento, por tanto se puede argumentar que dependiendo de la fuerza que se aplique sobre un cuerpo, de esta manera serán los efectos del cambio de movimiento. En este sentido, por ejemplo un cuerpo de masa “m” se le aplica una fuerza “F” que tendrá como resultado una aceleración “a”, si al mismo cuerpo “m” se le duplica la fuerza “2F” su aceleración se duplica igualmente, y en el caso de triplicar su fuerza igualmente su aceleración lo hará.

Antes de comenzar a analizar los conceptos de fuerza, se hace necesario hacer la siguiente anotación; es fácil darse cuenta que Newton asume este término sin dar una declaración operacional, sin explicar sus causas o sus orígenes, sin embargo es posible encontrar en los Principia, la alusión de varios tipos de ellas (Fuerza impresa, Fuerza insita y centrípeta), cada una con un matiz diferente, aunque todas hacen parte de la gran estructura conceptual que expone el comportamiento de los cuerpos. En general la concepción de fuerza desde la perspectiva newtoniana es como causa del movimiento; esta idea fue totalmente necesaria en su momento ya que al realizar una extrapolación del movimiento de los cuerpos terrestres, a los cuerpos celestes²⁸, se podía comprender el movimiento elíptico de la Luna y los demás planetas. Estas connotaciones newtonianas se derivan –posiblemente- de las reglas para el razonamiento en su filosofía en las que se asume la idea que para los efectos de la misma naturaleza se deben aplicar las mismas causas²⁹.

La Fuerza ínsita de la materia en la perspectiva newtoniana es definida como: *“Una capacidad de resistir por la que cualquier cuerpo, por cuanto de él depende, persevera en su estado de reposo o movimiento uniformemente rectilíneo”*.³⁰

²⁸ Aunque se es conciente que extrapolar los comportamientos terrestres a los cuerpos celestes es una labor muy idealizada, no se ahondará a este respecto, y más bien, se deja abierta la pregunta: ¿hasta que punto ésta idea es aprehensible para un estudiante en la construcción de su conocimiento?

²⁹ Newton, Isaac. Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Libro Tercero Sobre el Sistema del Mundo. Reglas para Filosofar, Regla II. En Hawking, Stephen.(2003). A hombros de Gigantes. Pág 916.

³⁰ Hawking, Stephen.(2003). A hombros de Gigantes. Op. Cit. Pág. 652

A partir de esta descripción Newton establece una equivalencia entre *vis insita* y *vis inirtiae*, o en otras palabras la inercia como un estado propio de los cuerpos en el que éstos tratan de mantener un estado inicial; este estado inicial tuvo, en algún momento que ser concedido por alguna entidad, por tanto, esta nueva condición del cuerpo es una característica adquirida, en este punto queda planteada la pregunta sobre cuál sería la causa que ha generado el “estado o la capacidad insita” del cuerpo. En el caso de ser aplicada una fuerza externa, la *vis insita*, el cuerpo ejerce una resistencia u oposición a dicha fuerza que quiere cambiar su estado, y el ímpetu contrarresta dicho efecto al tratar igualmente de cambiar el estado que la fuerza externa le imprimió al cuerpo, lo que conlleva a pensar en la primera ley del movimiento, la caída de los cuerpos y el movimiento de los astros. La concepción de un movimiento adquirido de los cuerpos permite comprender el movimiento rectilíneo que estos presentan y por consiguiente el efecto que causa la presencia de otra fuerza (llamada gravedad), que hace que el cuerpo sea atraído hacia el centro de la Tierra en el caso de la Luna, y los demás planetas alrededor del Sol en una forma elíptica.

Desde esta definición también es posible hacer la analogía con fuerza de inercia ya que ésta última es la que se resiste al cambio de estado. Por tanto, algunos análisis que se le hacen a la mecánica newtoniana sobre la innecesaria utilización del término fuerza de inercia³¹ no son pertinentes desde la cosmovisión newtoniana porque no existe una verdadera contradicción entre ambos conceptos.

En la definición de esta fuerza queda latente la siguiente pregunta: ¿cómo nace o cuál es el origen de esta fuerza? A este respecto podemos plantear que la interacción es la responsable de su causa ya que esta fuerza surge en la resistencia que opone el cuerpo cuando una fuerza externa le obliga a cambiar de estado.

Desde esta perspectiva, el concepto de fuerza insita puede dar pie a interpretar que cada cuerpo posee un movimiento que es adquirido y que a menos que exista una fuerza ajena a él, permanecerá en un estado inercial. Anotando que al tomar como una característica la presente fuerza podría pensarse que esta se radica en el cuerpo y que se manifiesta sólo en el momento que es obligado a cambiar de movimiento. Por ello, esta concepción podría salirse del esquema en el que se suelen categorizar las definiciones newtonianas ya que según estas ideas, la fuerza insita es propia del cuerpo y dependiente de las interacciones.

³¹ Euler, Leonhard “Investigaciones sobre el origen de las fuerzas”. Commentatio 181 Indicis Enestroemiani. Memorias de la academia de ciencias de Berlin (1750), 1752, pág.419-447. Traducción: Angel Romero. Revisión M. Mercedes Ayala.

Por otro lado, la Fuerza impresa en la perspectiva newtoniana se define como: *“la acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo”*.³²

La definición newtoniana de fuerza impresa, es muy similar a la definición que Euler le asigna a la fuerza, aunque éste último la enmarca en otro contexto teórico que le brinda un matiz diferente.³³

La pregunta abierta que se plantea en la definición de fuerza ínsita, puede encontrar una posible solución en la fuerza impresa, ya que, a diferencia de una idea inmaterial y divina, podría ser esta fuerza externa o de esta causa externa la que genere el estado inicial e inercial de los cuerpos.

Esta fuerza le es aplicada a un cuerpo mediante una acción (o una interacción), ya sea por contacto o como acción a distancia; el cuerpo comienza un estado inercial y continua de esta manera hasta hallar una nueva interacción generada por un nuevo cuerpo, esta interacción supondría inmediatamente un cambio de estado como consecuencia de la presencia de una fuerza en esa interacción.

A diferencia de la definición anterior, esta fuerza se considera como una acción que no explicita el lugar donde reside.

Desde esta perspectiva, se puede plantear que los efectos de las fuerzas externas interrumpen la trayectoria natural de los cuerpos, éstos tienden hacia un centro, sintiéndose atraídos o empujados a un punto; por tanto la comprensión de esta fuerza permite entender la tercera ley de Newton –acción y reacción- el movimiento de los astros y la caída de los cuerpos.

Al considerar la atracción hacia un centro se hace necesario hablar de otra fuerza que no radica en el cuerpo si no que nace en las interacciones, la fuerza centrípeta.

Tal Fuerza centrípeta en la perspectiva newtoniana se define como: *“Aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos, empujados, o de algún modo tienden hacia un punto como a un centro.”*³⁴

El aporte que esta idea le brinda a la teoría de la gravitación universal es grandísimo ya que por medio de ella se puede comprender el origen y la razón de ser de las demás fuerzas que actúan sobre los cuerpos y que les posibilitan el cambio de movimiento; la fuerza gravitacional es de este tipo, ambas obligan al cuerpo a cambiar su estado de movimiento, y en el caso particular de

³² Hawking, Stephen.(2003). A hombros de Gigantes. Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Op. Cit . Pág 652

³³ Romero, Ángel. “La búsqueda de los principios fundamentales de la mecánica: Euler y D’Alembert. Praxis filosófica nueva serie, N° 24, Enero-Junio 2007. Universidad de Antioquia.

³⁴ Hawking, Stephen.(2003). A hombros de Gigantes. Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Op. Cit . Pág 652

la gravitación universal, es la que hace que los objetos caigan hacia el centro de masa del cuerpo que los está atrayendo. Esta idea le permitió explicar a Newton que la caída de los cuerpos terrestres y el movimiento de los cuerpos celestes se da en virtud de la mencionada fuerza.

Newton consideró la fuerza centrípeta como la más importante de todas las fuerzas, esto ocupó su mente más que cualquier otra cosa en la mecánica y fue su punto real de partida para todas las consideraciones en su capítulo de definiciones (Jammer, 1957)

Desde el pensamiento kepleriano se evidencia cómo, la presencia de un cuerpo material, contraria a la idea de punto matemático, se hacía obligatoria, la necesidad de encontrar un cuerpo que gozara de las características de la materia para hacer radicar allí tal fuerza. La idea de dos cuerpos no inmateriales, se convertía en la única condición para que una fuerza atractiva se hiciera evidente.

Newton en su definición de fuerza centrípeta deja ver la concepción de un centro como un cuerpo, de un punto como un cuerpo, para poder hacer esta equivalencia se retoman las ideas keplerianas y se considera que estas dos entidades contemplan entre sus propiedades, la movilidad, la dureza, la extensión y la impenetrabilidad, esta era la única forma de que la fuerza y la interacción surgiera entre dos cuerpos.

Si el universo se encontrara constituido por un solo cuerpo, no habría cabida para la fuerza centrípeta o gravitacional, ya que no existiría ninguna clase de interacción que propiciara algún tipo de fuerza, es decir, que la fuerza gravitacional implica obligatoriamente la existencia de dos cuerpos materiales interactuando entre sí, por tanto, se puede argumentar que la propuesta mecánica de Newton tuvo que considerar en algún momento la fuerza como dependiente de las interacciones que se daban entre, mínimo, dos cuerpos, de lo contrario sus pensamientos sobre la atracción entre los planetas y la que se establece entre los objetos terrestres y la Tierra no encontrarían ningún sentido.

Desde esta perspectiva, la fuerza centrípeta adquiere gran importancia dentro del principio de gravitación universal ya que la fuerza de gravedad es de esta naturaleza, en esta medida puede ser entendida como aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos hacia un punto como a un centro y además implica considerarla como dependiente de las interacciones, en la medida que no es posible hablar de una atracción a un centro si no existiera un cuerpo que lo obligará a ello. La fuerza que surge de las interacciones entre los cuerpos es de este tipo, un cuerpo que tiene una trayectoria en línea recta se ve obligado a cambiarla cuando está en presencia de otro cuerpo, por ello la Luna se ve apartada de su trayectoria rectilínea y se ve obligada a permanecer girando en línea curva y por lo que una piedra es atraída al centro de la tierra. No podría establecerse la presencia de una fuerza centrípeta, si no existiera en este caso

la tierra u otro planeta o cuerpo al que la piedra se viera obligado a caer y por tanto, viajaría a través del espacio en su movimiento inercial; es decir, en el momento en que uno de los dos cuerpos es eliminado, tanto la fuerza como la interacción dejan de existir. Por tanto es posible afirmar que tanto la fuerza de gravedad como las interacciones son dependientes de los cuerpos, y, al mismo tiempo, se podría decir que la existencia de una depende de la existencia de la otra.

Hasta el momento se han descrito algunos conceptos necesarios para entender el Principio de la Gravitación Universal que Newton describe de manera explícita en su libro. Todos estos conceptos constituyen la base de una gran estructura que en últimas se consolida gracias a la construcción del intelecto humano, este proceso alcanza su validez con un principio aplicable tanto para fenómenos terrestres como para aquellos celestes, Newton describe su principio en los siguientes términos: *“Dos cuerpos cualesquiera se atraen mutuamente por una fuerza que es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”*³⁵

En este principio se sintetiza el proceso de construcción y comprensión del fenómeno que fue objeto de estudio de muchos pensadores durante un largo periodo. Este es un ejemplo de lo que implica la comprensión de un fenómeno, del trabajo de numerosos físicos y de las diferentes posturas.

Por otra parte, el desarrollo de la dinámica es lo que permite darle un verdadero sentido a las palabras “fuerza” y “masa”, la dinámica es la que posibilita reemplazar las antiguas denominaciones por las nuevas fórmulas simbólicas. Fue en los Principia donde se formularon por primera vez estos términos de una manera precisa, en los trabajos de Newton encontraron sus primeras verificaciones convincentes. (Duhem, 1914)

Sin embargo es importante resaltar que Newton en sus investigaciones no alcanza a comprender las causas de la gravedad, por ello no postula esta idea en forma de hipótesis, mas bien las explicita en forma de supuestos. Esto puede ser una consecuencia de su método basado en la filosofía experimental.

³⁵ Hawking, Stephen. A hombros de Gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía. Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Crítica Editorial, Barcelona 2003.

3. METODOLOGÍA

En consecuencia con el tipo de investigación que se está desarrollando, la presente metodología será de corte cualitativo, materializado en un estudio de caso que por su naturaleza permite utilizar diferentes instrumentos y por consiguiente un mayor acercamiento a la población.

Con fines prácticos la metodología será abordada a partir de cuatro fases que contemplan todos los puntos a trabajar durante la investigación:

Fase 1

Dentro de esta fase contemplamos la estructuración inicial de la investigación, donde se explicitan las directrices que guiarán el proceso, es por ello, que hablamos de elaboración y continua socialización de: La pregunta de investigación, los objetivos, apoyo bibliográfico, estado del arte, planteamiento del problema, marco conceptual y metodológico y recopilación de documentos tanto en el campo pedagógico como en lo referido a la teoría de la Gravitación Universal.

Fase 2

- **Recolección preliminar de información referida a estudiantes**

Los informantes claves se seleccionaron de manera aleatoria y corresponden a un grupo de séptimo (2007), que actualmente (2008) se encuentran cursando el grado octavo. La muestra se encuentra conformada por: 10 estudiantes de la Institución educativa el Salvador, ubicada en el barrio el Salvador, de los cuales, 9 son hombres y 1 es mujer, pertenecientes a un contexto medio-bajo y bajo.

Los instrumentos citados a continuación tienen como fin conocer y comprender cuales son las ideas que manejan los estudiantes frente a los fenómenos de gravedad y de qué manera utilizan los conceptos para explicar el fenómeno que tratan de describir, así como también las imágenes de ciencia que ellos dimensionan.

a) En cuanto a la concepción de ciencia

Para este punto se contempla un cuestionario de tipo abierto en el que se tratan de formular preguntas orientadas a desvelar las relaciones que el estudiante establece con la ciencia. **(Ver anexo 1)**

b) En cuanto a lo disciplinar

- Encuestas de tipo abierto

En este punto se realizó un cuestionario de tipo abierto como prueba piloto con cinco estudiantes sobresalientes (seleccionados por la directora de grupo) del grado séptimo de la Institución Educativa el Salvador. **(Ver anexo 2)**

Posteriormente se realiza la misma encuesta a 10 estudiantes del grado séptimo de la Institución Educativa el Salvador. Esta es la población con la que se trabajará durante toda la investigación.

- Entrevista de tipo abierto

Se realiza una intervención con la población de estudio (aproximadamente 45 minutos) en la que se establece un dialogo con los estudiantes frente al objeto de investigación.

Los tópicos básicos y las directrices que deben dirigir la entrevista deben responder básicamente a temas como:

Historia del universo

Principales ideas Aristotélicas y Galileanas sobre la caída de los cuerpos y la organización del sistema solar

El hombre en la luna

Fuerza de Gravedad en la cotidianidad

Peso y masa.

- Actividad experimental

Fase 3

Dentro de esta fase se desglosan dos puntos que son determinantes en nuestra investigación, uno está referido a la obtención de los elementos necesarios para darle forma a la solución de la pregunta inicial y el segundo concatenado con el primero y referido a las propuestas de intervención.

1. Análisis de los resultados obtenidos en la prueba piloto realizada a los estudiantes.

Las categorías establecidas para analizar la muestra están determinadas por criterios extraídos del contexto, con el fin de analizar la pertinencia del instrumento para la investigación.

2. Elaboración de la unidad didáctica

Con el fin de materializar esta propuesta de investigación se procura la elaboración de la Unidad Didáctica como propuesta de intervención en la enseñanza de la Teoría de la Gravitación que contempla como puntos claves: reconceptualización y resignificación con bases teóricas extraídas de los textos originales, incorporación de la historia, epistemología y sociología de las ciencias como elementos didácticos que permiten abordar la ciencia como sistema cultural (Elkana, 1983).

Fase 4

En esta parte se ve materializado todo el trabajo realizado a partir del segundo semestre del año 2007; de igual manera se hacen los análisis de los instrumentos utilizados, con el fin de comprobar la pertinencia que estos tuvieron para nuestra investigación y pensar en futuras modificaciones que continúen aportando a estudios posteriores. Consideramos de gran relevancia la presentación de los análisis a las instituciones educativas que brindaron su apoyo con el fin de que la retroalimentación permita una reflexión sobre la manera como se llevan a cabo los procesos educativos.

En esta fase los procesos que se realizarán son los siguientes:

- Aplicación y análisis a los estudiantes del cuestionario inicial.
- Teorización de los resultados obtenidos.
- Retroalimentación con los informantes claves y socialización con la institución sobre el trabajo elaborado.
- Socialización al grupo de investigación de epistemología e historia de las ciencias de los resultados obtenidos.

4. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

La historia y la epistemología de las ciencias tienen un valor inigualable para la enseñanza y el aprendizaje de las mismas, por tanto, la presente investigación monográfica se basa en esta herramienta para establecer un patrón general con el que orientar la metodología y significar el análisis de los instrumentos planteados. De esta manera se puede justificar la correlación establecida entre la estructura de pensamiento de los estudiantes y los modelos teóricos que han existido, lo que abre un espacio hacia la comprensión de la génesis y la lógica de las ideas de los educandos. Es importante resaltar que el objetivo de esta actividad de análisis no es el de meramente establecer correspondencias sino reconocer los factores que influyen en el pensamiento tal como lo han hecho siempre y repensar en nuevas estrategias que permitan abordar y construir los conocimientos de la manera mas adecuada.

La unidad didáctica aquí presentada es una elaboración que cuenta dentro de sus componentes fundamentales con la historia y la epistemología de las ciencias con la intención de desarrollar las siguientes perspectivas; una valoración histórico sociológica de los procesos que permiten dar origen a la teoría y el desarrollo de actividades que tiene por fin promulgar en la comunidad educativa el uso del análisis histórico como enfoque base para el desarrollo de actividades como la investigación, el análisis crítico de los contenidos, la reconceptualización, la recontextualización y el acercamiento a los procesos de construcción del conocimiento.

5. RECONTEXTUALIZACIÓN

Al promulgar en este trabajo por la construcción del conocimiento, es necesario promulgar también por la recontextualización como un mecanismo que permite deshomogenizar el conocimiento y los contextos.

Debido a la condición de actividad dinámica de la ciencia, se genera la dificultad de que esta sea enseñada, pues bien, en correlación con esta idea se considera que la implementación de la recontextualización en la práctica docente, y por que no , en la práctica del estudiantado, genere la fuerza necesaria para darle vida a los procesos recontextualizantes de los conceptos estudiados y de los tradicionales discursos.

El docente en su obligación de producir, encuentra un espacio para explicitar su intelectualidad en el contexto del análisis histórico y epistemológico, ya que la investigación de la actividad científica permite una acomodación o modificación de los conceptos y teorías, tendiente a su contemporaneidad, a su comprensión y su intención personal.

En este trabajo, la contextualización apunta a construcciones diferentes de algunas visiones tradicionales en el campo de la física, en particular de la mecánica clásica, para realizar esta intención, se hace necesario en primer lugar indagar en las propias palabras y en el propio pensamiento de aquellos que contribuyeron de cualquier manera en la gestación y modelación de las ideas que hoy en día se estudian. En segundo lugar, se hace necesario traer al contexto actual estas ideas para darles una nueva significación desde el pensar y el sentir docente, que encuentran su fundamentación en todas las necesidades del contexto y en particular de la comunidad educativa.

Debido justamente a las falencias teóricas y conceptuales que se presentan en el contexto, se ha trabajado en la recontextualización de la gravitación universal, bajo este principio se ha promulgado por el reconocimiento de la influencia social, con todo lo que ello conlleva, de este conjunto conceptual. La recontextualización planteada aboga también por una nueva manera de entender el entramado conceptual del pensamiento newtoniano y comprender la significación de sus ideas más importantes tales como la idea de fuerza.

6. SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN

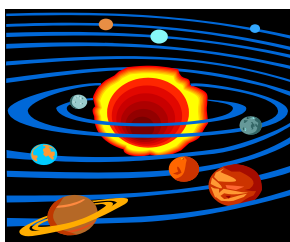
Bajo parámetros de investigación cualitativa la siguiente información es una recopilación de las respuestas obtenida de 10 estudiantes escogidos al azar de la Institución Educativa El Salvador, de los cuales 9 son hombres y 1 es una mujer del grado octavo, con fines prácticos estos son enumerados de 1 a 10 y con la letra E respectivamente. Los cuestionarios son de tipo abierto, por esta razón se hace uso de cuadros que permitan mostrar de manera clara todas las respuestas obtenidas por los estudiantes.

- **Cuestionario de tipo abierto N°1**
Preguntas:

Observa el siguiente gráfico:



1. Escribe dos frases sobre las cosas que puedes ver en este dibujo, utilizando las siguientes palabras: Gordo, flaco, monedas, de cabezas, arriba, abajo, fuerza, masa, niños, señor, tierra, bolsillo, atracción, gravedad.
2. ¿Por qué cuando tiras una pelota hacia arriba, ésta cae inmediatamente al suelo?
3. Escribe una corta narración que relate lo que crees que esta recreando la imagen.



4. Lee con atención la siguiente historia:

En su cohete a la luna, este hombre tenía una gran misión: aterrizar en la superficie de la luna y recoger la mayor cantidad de rocas lunares que pudiera y traerlas de regreso a la tierra para que los científicos pudieran estudiar los materiales de los que estaba formada la luna.

¿Crees que las rocas traídas de la luna flotan en la tierra?

¿Cómo explicas el hecho de que un objeto tan pesado como una nave espacial pueda levantarse de la Tierra y viajar hacia la luna?

¿Por qué la luna no se cae sobre nosotros?

Cuadro 1: Respuestas de los informantes claves a cuestionario 1

Pregunta IC	P1	P2	P3	P4	P5	P6
E1	De cabezas arriba gordo niños Flaco señor tierra basien sus bolsillos	Por que la densidad y la gravedad la hacen regresar al suelo.	que todos los planetas jiran al rededor del sol	no porque en la tierra hay gravedad	Por medio de propulsores que ase que la nave se lebante	Porque en el espasio no hay grabedad
	Un señor gordo y otro flaco se caen monedas por que tienen la cabeza	Por la atracción de la grabedad de la tierra.	La imagen muestra el sistema solar con todos lo planetas.	No creo eso.	Con la propulcion de la nave que eso lo hacen los sientificos.	Por que luna no caera nunca a nuestro planeta.

E2	abajo y los pies arriba y hacen mucha fuerza el niño que tiene mas masa y un señor les dice los pies arriba y las mano a la tierra y caen monedas de los bolsillos por la atracción de la gravedad.					
E3	Gordo, tierra	Por que todo lo que va acia riba tiene que caer	Los planetas están rodeando al sol	No flotan porque a qui en la tierra no hay gravedad	Con propulsores y manejo de la nave	Porque la luna tiene gravedad y esta hecha de rocas
E4	De cabezas, arriba	Por medio de la gravedad	Está ocurriendo la rotación	No porque hay gravedad	Por medio de propulsores	Por que en el espacio no hay gravedad.
E5	Los chicos eran muy flacos por la cual el señor los levanto de cabezas y calleron sus monedas	Por que en la tierra no hay suficiente gravedad como para que flote la pelota	Una vez el sol estaba iluminando a tierra y los demás planetas	No flota por que en la tierra no hay suficiente graedad como para flotar.	Yo lo explico que la nave debe tener demasiado impulso y propulsión para poder levantarse de la tierra y llegar a la luna.	Por la gravedad que hay en la via láctea.
E6	El muñeco de la historia es gordo, los dos muñecos están de cabezas y están de para arriba	Por que no tienen alas y la gravedad lo hace caer.	Una vez en el planeta sol se reflejan un muy bonito monton de planetas	No por que en la tierra no hay gravedad	Por tanta tecnología y por la fuerza de sus motores	Por que hay mucha gravedad y dios la hizo para quedarse donde esta
E7	Gordo, Flaco, monedas, de cavesa,	Por la graveda	Hay un sol y nueve planetas que al sol	No por que la abmosfera de la tierra y	Por los propulsores	Por la graveda

	abajo, fuerza, masa, niños, señor, bolsillo, gravedad		alunbra	la gravedad es diferente a la de la luna		
E8	El gordo y el flaco están de cabezas y se le salen las manos del bolsillo y son dos niños y el señor les señala para arriba y están de para abajo y les dice que la tierra tiene fuerza y masa	Por la gravedad porque tiene que caer al suelo	Lo que esta recreando esta imagen es el sol y los planetas que están cerca del sol y los que están alejados	No porque las rocas así sean traídas de la luna no flotan en la tierra	Porque yo creo que tiene fuerza de atracción	Porque tiene fuerza y masa
E9	Los niños están de cabezas y el señor observa. Hay un niño flaco y otro gordo	Porque tiene gravedad y su peso la devuelve	Que los planetas giran alrededor del sol.	No porque estas son rocas no como las de aquí diferentes pero no flotan	Porque la ciencia ha desarrollado un equipo de coetes con gran fuerza las turbinas hacen que suba a la superficie.	Porque estamos a una distancia, muy lejana si estuviera sobre nosotros habría gravedad
E10	Estan gordo y estando cabezas y se le calleron las monedas El señor se aprovecha de los otros dos.	Por la gravedad que tiene la tierra	Es el sistema solar que dio por el bin bang	No	Por el combustible	Por la gravedad

- **Cuestionario tipo abierto N°2**

Preguntas:

1. ¿Qué crees que es la ciencia?
2. ¿Alguna vez has hecho ciencia y en qué momentos?
3. ¿Cuál crees que es la diferencia entre la labor que desempeña un científico y tu labor como estudiante?
4. ¿Crees que es indispensable la existencia de un laboratorio para el aprendizaje de las ciencias?
5. ¿Crees que un niño que no cuenta con elementos como: laboratorio, cuadernos y libros comprendería ciencia, sería capaz de hacer ciencia?

Cuadro 2: Respuestas de informantes claves a cuestionario 2

	P1	P2	P3	P4	P5
E1	Es lo que estudia todo lo que trata con Bioquímica, química, filosofía etc.	Si Cuando estaba en el Tomas Carrasquilla, que cogimos Bichos y los pusimos a disecar y los pegamos a un icopor.	Una diferencia es que ellos mantienen trabajando e laboratorio mientras que nosotros los estudiantes somos trabajando en un aula de clase	Si por que podemos estudiar muchas cosas y aprender muchas cosas sobre animales, los seres humanos, plantas.	Si por que no tiene recursos puede hacer ciencias por que en el campo puede hacer ciencia con todo los Bichos que hay en el campo.
E2	La ciencia es todas las investigaciones que se hacen o han hecho de la historia, experimentación es del mundo.	No.	El científico busca nuevas cosas e investiga cosas que pudieron existir también estudian comportamientos de los animales etc.	Si porque las personas o estudiantes aprenden por medio de eso.	No creo que un niño pudiera hacer ciencia porque no podría copiar cosas.
E3	La ciencia es una unida de estructura	Si he hecho ciencia en los momentos que hago experimentos.	la diferencia que hay es que un científico aprende cosas diferentes a un estudiante	Si es indispensable por que en el laboratorio podemos aprender mas cosas de la ciencia.	Si comprenderia ciencia por que cogiendo animales puede aprender ciencia y yo nose si

					podría hacer ciencia.
E4	La ciencia es la materia y el estudia que se ase sobre los aniamles insetos y la naturales y sus estudios asia la microcelulas y el cuerpo humano. La ciencia es todo loque significa vida.	Si. En tareas en el patio.hasta veces ago ciencias sindarme cuenta.	En que los estudiantes nos dedicamos avarias cosas y en que ellos solo sededican ace mueba ciencia en nosotros asemos muy poco.	No. Como el laboratorio tambien esiti la naturalesa esdesir que la naturalesa es nuestro lavoratorio.	Claro que si todo el mundo ase ciencia y sindarme cuenta y si un niño le fasina la ciencia no necesita de nada, además de un maestro que sepa ciencias para aprender más
E5	Para mi la ciencia es algo que estudia los seres vivos como: los seres humanos, los animales y otros. También estudia los medios de células, aparatos, sistemas etc.	Si. N grupos de 3 hicimos un experimento con un banano de que trata, trata de sacarla la cedula al banano con un tenedor lo hicimos con los acompañantes de ciencias.	Creo que como científico: es explorar elmundo de la maravilla, investigando cosas,nucleos etc, que nunca se ha visto. Y como estudiante: aprender de ello, cuyo propósito es saber de que estamos hechos nosotros.	Si: por que uno como estudiante, o por ejemplo a mi me gsuta hacer experimentos como: gomina, rubor y lociones almenos para mi es condicional.	No: El sin laboratorio no hace nada, sin libros: no toma nota Cuadernos: deacuerdo a la explicación de la profesora, para el experimento.
E6	La ciencia es una unidad de estructura que funciona en todos los métodos de los seres vivos.	Si he hecho el dia en que hice un esperimento con un banano que le buscamos las células.	La labor como científico: es que ellos investigan las cosas y después lo que ellos investigan los enseñan a nosotros los estudiantes.	Si creo que es indispensable por que uno con un laboratorio esperimenta las cosas de la ciencia y aprende lo que uno no sabe.	No sería capaz por que si el no tiene educación para comprender la ciencia como va hacer ciencia sin su conocimiento .
E7	Es todo lo que tiene que ver	Si cuando reviso los animales y	Que el científico hace unos	Si para poder ver hasta lo mas	No por que no tiene la

	todo con la naturaleza y el medio ambiente y estudia todo lo que existe incluyendo los animales.	analizo la naturaleza	estudios mas profundos y uno hace los mas básicos.	diminuto.	suficiente sabiduría para ver lo que hace.
E8	La ciencia estudia todo lo que tiene q" ver con la naturaleza y los seres vivos	Si una vez estudiaba las matas y todo lo que tenia que ver con ella	Que nosotros debenos aprender lo que nos enseña el científico	Si porque ayi nos podrían enseñan mas cosas avanzadas sobre la naturaleza	Si porque para aprender solo se necesitan ganas y dedicación.
E9	Las ciencias es el estudio de los animales, plantas y del ser humano.	Por ejemplo cuando hay algunos experimentos por hacer. Cuando estudiamos el cuerpo humano.	Que tanto como el científico y nosotros los estudiantes organizamos experimentos.	Si por que cualquier experimento en el salón. Etc.	Si porque para poder hacer algún experimento no tiene que ser con un cuaderno, libros o cualquier elemento.
E10	La ciencia es todo lo relacionando con las cosas científicas experimentos, el ser humano y la naturaleza.	Si por lo menos un día estaba haciendo un esperimento de cómo el agua se purificaba.	Lo científico=Es esmerarme por lo que yo como persona tengo y mejorarlo. Estudiante=saber ser mejor tener metas en mi vida y salir adelante.	Si porque uno puede aprender cosas mucho mas avansadas, y a la vez que uno nunca havia visto, ni aprendido.	No porque no tiene el conocimiento y la habilidad de poder entender del tema a el que se refiere o sobre lo que estan hablando.

- **Cuestionario tipo abierto y cerrado N° 3**

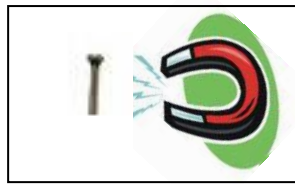
Preguntas

1. Platón un filósofo griego se encontraba con sus discípulos observando al cielo y les pregunto: ¿Qué movimiento realizan los cuerpos errantes (planetas, astros)? Esta pregunta revolucionó la manera de pensar de muchos astrónomos y científicos durante largo tiempo, pasaron varios siglos para describir aquel movimiento y comprender como giran los planetas alrededor del sol y algún día

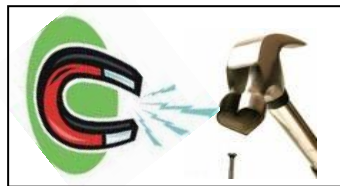
alguien pensó que era necesario que al menos existieran dos cuerpos para que este movimiento se presentara, por ello en nuestro sistema habían numerosos planetas con sus astros girando uno alrededor del otro y ambos alrededor del sol. Ahora piensa ¿Qué ocurriría si en el universo solo existiera un cuerpo que no pudiera interactuar con otro?

2. piensa en la siguiente situación:




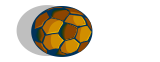
- a. Un imán está sobre la mesa (como se describe en la figura) y lo acercas un poco a un clavo ¿Qué pasa? ¿Alguno de los dos objetos se mueve? ¿Cuál y en que dirección?



- b. Ahora si fijas el clavo a la mesa y acercas nuevamente el imán ¿Qué ocurre? ¿alguno de los dos objetos se mueve? ¿Cuál y en que dirección?



3. Si tiras una pelota hacia arriba, ¿Cuál figura crees que representa mejor las fuerzas que están presentes en el fenómeno?

Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación 4
			
Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.	Solo hay una fuerza dirigida hacia arriba, producto del lanzamiento que se realizó.	La dirección de la fuerza es hacia abajo.	No hay ningún tipo de fuerzas actúan sobre la pelota.

Cuadro 3: Respuestas de informantes claves a cuestionario 3

Pregunta IC	P 1	P2	P3	P4
E1	No por que se necesitan dos cuerpos para este movimiento y si no mas existiera uno este movimiento no se presentaba.	Pasa que el iman atrae con la fuerza el clavo de la mesa	Ya al iman le queda muy difiicil atraer el clavo	Situación 2: Solo hay una fuerza dirigida hacia arriba, producto del lanzamiento que se realizó.
E2	Pues los planetas quedarían suspendidos no se moverían	El clavo se pega al iman por que hay fuerza magnetica y como los dos son de metal.	Pues yo creo que no se moverían por que ya esta fijado	Situación 1: Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.
E3	No pudiera moverse alrededor del son por que para eyo se necesitan 2.	Hay magnetismo y se juntan El clavo ba hacia el iman	El iman ba hacia el clavo	Situación 1: Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.
E4	No se puede hacer por que se necesitan 2 cuerpos	Si el iman se acerca a un clavo se pegan por que el iman atrae el metal	No se puede por que la fuerza del iman no puede con la mesa	Situación 2: Solo hay una fuerza dirigida hacia arriba, producto del lanzamiento que se realizó.
E5	Todo pasaría si otro cuerpo no pasaría asi pasaría porque necesita un movimiento astral para el universo astral que esta constituido por varios planetas y nasa se mas.	Pasaría que la energía del iman lo atraería hasta que lo tenga todo.	El iman se va despaciamente, hasta poder obtenerlo todo haci este a una distancia larga o corta.	Situación 2: Solo hay una fuerza dirigida hacia arriba, producto del lanzamiento que se realizó. "porque la fuerza o" fue dirigida la pelota va con una fuerza sin movimiento alguno
E6	Pues el calor seria imenso porque el sol pegaría directamente a la tierra sin ningún planeta que lo rodee.	Absolutamente el iman se pega al clavo por la fuerza de la gravedad	Pues 1 el iman sigue pegándose al clavo. Normalmente asi este clavado a la mesa	Situación 1: Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.
E7	No abria dia o noche si existiría el sol solamente no quemamos por que no ubiera noche solo dia.	El clavo se pegaría al imán	El clavo atrae a el imán hacia la mesa.	Situación 1: Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.
E8	No se puede por que se necesitan dos cuerpos	Se unen por que el iman atrae a todo lo que es metal	No se puede por que la fuerza del clavo puede mover al iman pero no acercarlo demaciado	Situación 2: Solo hay una fuerza dirigida hacia arriba, producto del lanzamiento que se realizó.

E9	Que el sol daría directamente a la tierra por que no hay planetas que lo rodeen.	Lo que pasaría es que el iman cuando tiene una cierta distancia es que se junataria con el clavo	No pasaría nasa para que el clavo esta sujeto a la mesa	Situación 4: No hay ningún tipo de fuerza actuando sobre la pelota.
E10	La tierra no sería igual porque si este mundo existe es por que todos los cuerpos si se pueden interactuar.	El clavo se pega al iman	Hace presión en los dos objetos.	Situación 1: Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.

• **Cuestionario tipo abierto N°4**

Preguntas:

1. Juanito un niño de 5 años, escucho en una canción la siguiente frase: "todo lo que sube tiene que caer". Juanito quiere saber exactamente que quiere decir esta frase. ¿Cómo le explicarías a él, el significado de esta idea? ¿Con qué demostración o experimento Juanito podría comprender tu explicación?
2. ¿Por qué cuando tiras una pelota hacia arriba, ésta cae al suelo? Y ¿Por qué el humo del cigarrillo en lugar de dirigirse hacia el suelo, se dirige hacia arriba?
3. Observa el titular de este periódico:

EN EL VACIO NO HAY GRAVEDAD



Los cosmonautas, en una cámara de aislamiento para viajar a la estación Mir en febrero de 1992. / AP/REX
Los cosmonautas pierden masa ósea por la ausencia de gravedad

¿Qué piensas de lo que dice el titular de este periódico? ¿Estás de acuerdo con esta afirmación?

4. El cohete del astronauta Neils Amstrong, partió de la tierra. Sus potentes propulsores le permitieron salir de nuestro planeta sin ninguna dificultad. Una vez en el espacio los propulsores del cohete se apagan, esto es lo que siempre hacen los cohetes en el espacio, mientras continúan con su rumbo hacia la luna. ¿Por qué los cohetes con los propulsores apagados no caen? ¿Cómo puede continuar el cohete hacia la luna con los propulsores apagados?

5. El señor Neils Amstrong volvió de su viaje de la luna, él cumplió con su misión de traer rocas lunares para que fueran estudiadas por los científicos y así conocer la composición y características de la luna. Una vez que los científicos se disponían a destapar las cajas en donde se encontraban las rocas lunares, éstas salieron flotando rápidamente y se esparcieron por todo el laboratorio imposibilitando su estudio. Algunas rocas lunares ya han sido capturadas y colocadas en un lugar especial para que no floten, pero algunas de ellas aún continúan flotando libremente en la tierra. Ahora trata de explicar: ¿por qué las rocas lunares flotan en nuestro planeta? ¿Crees que estas rocas lunares también flotan en la luna, que es el lugar de donde vienen? ¿Qué características debe tener el lugar donde los científicos depositan las rocas para que éstas no floten?

Cuestionario 4: Respuestas de informantes claves a cuestionario 4

Pregunta Informante clave	P1	P2	P3	P4	P5
E1	Yo le explicaria con una piedra tirándola para arriba y cuando la piedra caiga y esa sería la explicación de la frase	Por que la pelota es pesada y el humo es liviano y el viento se lo lleva	Que es la verda por que el espacio no tiene la misma gravedad de la tierra	por que ya estaba impulsado por los coetes y propulsores y como en el espacio no hay gravedad sique su rumbo	Yo creo que flotaron en la tierra por que la grabedad de la tierra no es la msiam de la luna entonces las tuvieron que meter en un lugar que tuviera la misma gravedad
E2	Por que todo lo que no tiene alas tiene que caer	Por que la pelota no tiene aire por fuera y es pesada y e humo del sigarrillo se lo lleva el aire	No por que si seguimos asi no iremos muriendo uno por uno por falta de oxigeno	Porque ai muchos aire o oxigeno en el espacio y por eso llega a cambio si su sediera eso en la tierra se cae por la asmosfera	No se porque flotaban y si también flotar en la luna nose pero pienso que el aire de nuestro plane es muy diferente a el espacio.
E3	Que hay poca gravedad	Por que pesa mucho, por que no pesa nada y entonces, por que hay poca gravedad	No creo que se deba a eso	Por que en la atmosfera hay mucha gravedad y yeva necesita la propulsores	Creo que flota por que no pesan un lugar solo y sin gravedad
E4	Para comprender el significado juanita tiene	Por que la pelota tiene mucho peso y el humo se lo lleva el	Si por que las personas no tienen que hacer	Por que la fuerza asmosferica hace que todo	Las rocas vienen con gravedad y heso es lo

	que hacer un experimento con una manzana	viento	tanta fuerza	flote y la gravedad here que se dirija a su punto	que hace que flote pero no por mucho tiempo
E5	La explicaría que objetos pesados al ser elevados su peso lo demostraría por que la gravedad lo dice todo y uno no puede confiarse de la gravedad o de la circunstancias del peso del objeto ejm una roca-un papel	Paque el humo del cigarrillo es un contaminante que al ser consumido inmediatamente el cuerpo lo bota por la boca o la nariz y el humo al instante se dirige a las naves como un químico mas.	A la verdad no se por que la gravedad es otra cosa pero si es verda al estar fuera del planeta tierra la gravedad cambia inmediatamente por que en el espacio no existe gravedad	Por que con la potencia o la velocidad de los propulsores al salir de una gravedad mas liviana todo cambia y cosas pesadas es llevada con una energía y una potencia innalcanable.	Para que las rocas lunares no floten en la tierra se necesitaría una gravedad totalente o igual a la del espacio donde no solo hay rocas si no muchas mas cosas que el ser humano no han estudiado.
E6	Por lo menos teniendo un compañero que es pobre y de un momento a otro se vuelve rico pero solo por un tiempo, y mientras el gasta y gasta no se da cuenta de que pierde una gran amistad y luego vuelve hacer pobre y se da cuenta de todo lo que perdió.	La pelota cae porque no hay gravedad si hubiera gravedad se dirigiría hacia arriba. Y lo del cigarrillo porque es algo que no tiene movimiento exacto hacia donde se dirige.	Creo que si porque en la mayoría de algunos casos como por <i>ejemplo</i> la tala de arboles se pierde una gran cantidad de oxígeno y acabamos con gran parte de la naturaleza.	Por que estan en el espacio y hay gravedad que es lo que permite que las cosas estén a flote y no caigan. <i>Ejemplo</i> el agua cae pero luego se evapora y sube de nuevo.	En un tarro de estudio es donde las deben meter. Si creo que floten en la luna por que hay suficiente gravedad dicen que hasta existen rocas blandas <i>ejemplo</i> . En discovery muestran que hay científicos que tratan de saber si hay algo que las hacen flotar algunos dicen que es la gravedad pero otros científicos siguen con su experimento para averiguar algo mas.
E7	Le explico a juanita que todo lo que sube también tiene que bajar por ejemplo si usted tira un objeto pesado hacia arriba el objeto tiene que bajar ya que el objeto es pesado	Por que la pelota es pesada y si usted la tira a el aire ya cae a el suelo mientras que el humo como es objeto no pesado o siempre se ira hacia arriba	Si es verdad lo que dice el periodista ya que en el espacio no se encuentra la misma gravedad que en el planeta tierra	Por que con el impulso que viene el cohete del planeta tierra, puede llegar a la luna lla que en el espacio no hay la misma gravedad el cohete flota ya que en cohete pierde masa o sea	Por que nuestro planeta tierra no tiene la misma gravedad de la luna

E8	La demostración puede comprender es tirar un balón hacia arriba y el balón cae que lo tire y mire como va a caer	1. por la gravedad que tiene y la fuerza 2. es igual a la anterior	Si por que es la verdad que en el bacio no hay gravedad cosmonauta pierde masa osea	Con la velocidad que van los cohetes y por atmosfera	Yo creo que las rocas si flotan en el planeta tierra por que hay no hay atmosfera.
E9	Juanito puede comprobar su experimento por medio de una experiencia propia o una manzana	Cuando tiro una pelota hacia arriba es de lógica que ella caiga inmediatamente por la gravedad	Si estoy de acuerdo con la afirmación por que cuando uno u otra persona esta en el espacio como no hay gravedad pierde fuerza	Por la gravedad por eso es que cuando al cohete se le apagan los propulsores queda flotando	Porque las rocas las traen en unas cajas especiales y cuando las abren la roca flota y se pierde y al taro caen por cualquier lugar.
E10	No realizó la actividad.	No realizó la actividad.	No realizó la actividad.	No realizó la actividad.	No realizó la actividad.

7. ANÁLISIS A INSTRUMENTOS APLICADOS

En consecuencia con la investigación cualitativa, los estudios de caso permiten tener una idea de las necesidades que requiere un grupo en especial, además esta acorde con las propuestas educativas en las que los maestros deben asumirse como intelectuales de su quehacer que implica además un espíritu investigador.

Cuadro5: Modelos explicativos

En este cuadro se hace una recopilación de la información recolectada a los informantes claves de la Institución Educativa el Salvador para la cual, se establece una correspondencia con modelos explicativos que ha sido dogmático a lo largo de la historia y que permiten comprender el pensamiento de los estudiantes por que comparten algunos puntos de su estructura sobre el significado de la gravedad:

Instrumento 1					
Objetivo: Establecer relaciones entre la historia y la epistemología de la ciencia con los modelos explicativos que utilizan los estudiantes para describir la atracción entre cuerpos.					
	M1	M2	M3	M4	M5
	Diferencia entre el mundo sublunar y el celeste. Regidos por propiedades diferentes. Filosofía del sentido común.	Atracción como cualidad innata de cada cuerpo.	Gravedad como interacción mutua entre todas las partes de los cuerpos.	Fuerza como interacción mutua entre mínimo dos cuerpos.	En esta investigación se desconoce que estructura conceptual se ha desarrollado con base en estas ideas.
E1	Hace una distinción entre las propiedades de los cuerpos celestes y terrestres (ver cuadro N° 1), asignando la gravedad exclusivamente a la tierra. La velocidad de caída de los cuerpos es directamente proporcional a su peso. (ver cuadro N° 2)	La Fuerza es una propiedad que reside en los cuerpos, por tanto, la fuerza va en dirección del movimiento del cuerpo. (ver cuadro N°2)			

E2	<p>Considera que los cuerpos terrestres tienen propiedades diferentes a los celestes, por ejemplo la atmosfera; es quien permite que los cuerpos se dirijan verticalmente hacia abajo.</p>	<p>La dirección del movimiento de un cuerpo se da, en el mismo sentido de la fuerza que se le aplique, tal es el caso del balón lanzado.</p>			
E3	<p>Hay una distinción entre los fenómenos celestes y terrestre, aunque la gravedad para este caso en particular es de carácter repulsivo, mas que atractivo. Pensamiento supeditado por la filosofía del sentido común, "todo lo que sube tiene que caer"</p>	<p>La fuerza se da en la dirección del movimiento.</p>			
E4	<p>Distinción entre las propiedades de los cuerpos celestes y terrestres.</p> <p>Establece una correspondencia proporcional entre la velocidad de caída y el peso de los cuerpos.</p>	<p>La fuerza se da en la dirección del movimiento y es propia de los cuerpos.</p>			
E5	<p>Las características de los cuerpos terrestres son diferentes a las de los cuerpos celestes, quienes se comportn de manera diferente aun cuando se encuentran en la tierra (ver cuadro 4)</p>				<p>La gravedad como una propiedad del medio que permite que los cuerpos floten: a mayor gravedad los cuerpos flotan: "En la tierra no hay suficiente gravedad como para que flote la pelota" "las rocas no flotan porque en la tierra no hay suficiente gravedad como para flotar"</p>
E6	<p>Existe una distinción entre las propiedades de los cuerpos terrestres y las propiedades de los cuerpos celestes. La gravedad es considerada como un efecto repulsivo, es decir, que genera la flotabilidad del cuerpo (el distanciamiento de los cuerpos) en vez de su atracción. (ver</p>	<p>La fuerza reside en los cuerpos, sea en el caso del iman o en el caso de la pelota. (ver cuadro 3)</p>			<p>La gravedad como causa de la caída de los cuerpos terrestres: la pelota cae "porque no tiene alas y la gravedad lo hace caer". La gravedad se encuentra ausente en los fenómenos terrestres</p>

	cuadro 4)				
E7	La velocidad de caída de un cuerpo es proporcional a su peso; "el humo no cae por ser liviano y la pelota cae por tener mas peso"	Considera una gravedad propia para cada astro, la gravedad permite diferenciar fenómenos terrestres y celestes			
E8	Una porción de cuerpo celeste mantiene sus propiedades en la tierra, es decir, que se comporta de manera muy diferente a la tierra.	La fuerza reside en el cuerpo y esta se encuentra en la misma dirección del desplazamiento del cuerpo.			
E9		Gravedad como una cualidad propia del cuerpo y el peso como causa de la caída de los cuerpos: al tirar una pelota hacia arriba, ésta cae inmediatamente al suelo: "porque tiene gravedad y su peso la devuelve". La gravedad entre cuerpos se ve alterado por la distancia que existe entre ellos. la luna no cae sobre nosotros: "porque estamos a una distancia muy lejano, si estuviera sobre nosotros habría gravedad"			
E10		Gravedad como una cualidad propia del cuerpo. "la gravedad que tiene la tierra" La gravedad aplica tanto para fenómenos terrestres como celestes. La fuerza se encuentra dirigida en la misma dirección del movimiento que tiene el cuerpo.			

M1: modelo aristotélico; M2: modelo galileano; M3: modelo kepleriano; M4: modelo newtoniano; M5: modelo para el que no tiene una correspondencia con la historia, la gravedad aplica para los fenómenos terrestres o celestes, nunca para ambos.

A partir de la sistematización y el análisis de la información obtenida de los informantes claves se puede constatar que los estudiantes presentan unos modelos conceptuales característicos del pensamiento Aristotélico y Galileano principalmente, por lo que, un aprendizaje de la mecánica clásica debe enfocarse en estrategias que retomem estos pensamientos como base para el desarrollo de metodologías que apunten a una comprensión progresiva y significativa de toda esta estructura conceptual, en este sentido la recontextualización como herramienta para el desarrollo de esta estrategia facilita el reconocimiento y la identificación de las ideas del estudiantado, así como también encontrar sus génesis y su lógica en el análisis histórico y sociológica de la mecánica.

Cuadro 6: Triangulación de instrumentos aplicados

En este cuadro se establece una relación entre los diferentes instrumentos aplicados a lo largo de todo el proceso de investigación, haciendo explícito cada uno de los objetivos que se pretendía alcanzar con estos, así como también un análisis de cada uno de los informantes claves.

Objetivo	Instrumento 1	Instrumento 2	Instrumento 3	Instrumento 4
IC	Conocer las ideas que tienen los IC sobre la gravedad	Identificar las imágenes de ciencia de los IC y su concepción sobre la dinámica científica	Conocer si los estudiantes asumen la Fuerza de la gravedad desde una perspectiva newtoniana.	Corroborar la información recolectada en instrumentos anteriores y conocer la comprensión de conceptos como masa y peso.
E1	La gravedad se aplica a cuerpos terrestres exclusivamente "en el espacio no hay gravedad". La gravedad es considerada como la causa de la caída de los cuerpos "la gravedad hace regresar la pelota al suelo"	La ciencia como actividad pragmática enmarcada en el estudio de animales en particular de insectos. La ciencia no es exclusiva de científicos, si no también de estudiantes. Alguna vez has hecho ccia: "si, cuando estaba en el Tomas Carrasquilla, que cogimos bichos y los pusimos a disecar y los pegamos al icopor".	Reconoce la necesidad de mínimo dos cuerpos para el movimiento de las órbitas planetarias. Hace uso de la atracción para explicar el comportamiento entre dos cuerpos ubicados en la tierra.	Reitera su idea que en el espacio no hay gravedad. Considera que en la tierra las rocas lunares flotarían por que se encontrarían con una gravedad diferente. Considera que los cuerpos pesados tienden a caer mientras que los cuerpos livianos "se los lleva el viento"

E2	Gravedad como causa de la caída de los objetos terrestres: "caen las monedas de los bolsillos por la atracción de la gravedad"	La ciencia como actividad investigativa realizada exclusivamente por científicos. El laboratorio es el lugar indicado para el aprendizaje de la misma.	Un único cuerpo en el espacio no describiría ningún movimiento (se quedaría quieto). Pregunta 1: "pues los planetas quedarían suspendidos, no se moverían". Considera la fuerza magnética, que permite que los cuerpos se atraigan. Cuando un cuerpo se dirige verticalmente hacia arriba, la fuerza con la que es impulsado inicialmente es vencida por una fuerza de mayor magnitud y sentido contrario.	
E3	La gravedad como propiedad de los cuerpos celestes, se extrapola a los objetos lunares. La gravedad no es propia de la tierra. "aquí en la tierra."	La actividad científica se encuentra estrechamente relacionada con la actividad experimental. Esto justifica que en la pregunta 2 responda: "si he hecho ciencia en los momentos que hago experimentos"	Considera necesaria la existencia de dos cuerpos para que los planetas orbiten alrededor del sol. Para el ejemplo del imán, considera que un cuerpo atrae al otro. Cuando un cuerpo se dirige hacia arriba, la fuerza con la que es impulsado inicialmente se siente vencido por una fuerza mayor.	Reitera su idea que en la tierra hay poca gravedad, se corrobora con la pregunta 5 en la que considera que para que los objetos caigan debe hacer "un lugar solo y sin gravedad", así mismo considera que los cuerpos caen porque tienen mucho peso, el humo no cae por la falta de peso y por eso flota. Considera la atmósfera como un factor determinante para la presencia o ausencia de gravedad: "en la atmósfera hay mucha gravedad"
E4	La gravedad como propiedad de los cuerpos celestes, se extrapola a los objetos lunares. La gravedad no es propia de la tierra. "aquí en la tierra no hay gravedad" "la luna tiene gravedad y está hecha de rocas"	La ciencia es una actividad realizada tanto por científicos como por estudiantes, trasciende los límites del laboratorio y se enmarca en el estudio de lo vivo: pregunta 5: "No, como el laboratorio también está la naturaleza, es decir que la naturaleza es nuestro laboratorio".	Reconoce la necesidad de dos cuerpos para el movimiento de las órbitas planetarias. Para objetos terrestres: la fuerza magnética radica exclusivamente en el imán. Para el ejemplo del imán considera que no hay atracción entre el clavo sujeto a una mesa y el imán porque: "la fuerza del imán no puede con la mesa"	Considera la gravedad como algo propio del cuerpo, como la causa de la caída de los cuerpos. Según el estudiante la fuerza atmosférica es la causante de que los cuerpos floten. A la pregunta 4 responde: "porque la fuerza atmosférica hace que todo flote y la gravedad hace que se dirija a su punto"
E5	La gravedad como una propiedad del medio que permite que los cuerpos floten: a mayor gravedad los cuerpos flotan: "En la tierra no hay suficiente gravedad como para"	Se hace ciencia cuando se realiza un experimento. Hay una clara distinción entre la ciencia de los científicos y la de los estudiantes. La actividad científica se	El movimiento astral es quien determina la trayectoria de los planetas. Para la situación del clavo y el imán, considera que la energía que posee el imán es la	

	que flote la pelota” “las rocas no flotan porque en la tierra no hay suficiente gravedad como para flotar”	encuentra supeditada a las actividades de laboratorio. Pregunta 5: “no; el sin laboratorio no hace nada sin libros, no toma nota. Cuadernos de acuerdo a la explicación de la profesora, para el experimentos.	que causa la atracción. Considera la fuerza como cualidad transmitida a los cuerpos.	
E6	En algunos casos el estudiante se contradice: La gravedad como causa de la caída de los cuerpos terrestres: la pelota cae “porque no tiene alas y la gravedad lo hace caer”. La gravedad se encuentra ausente en los fenómenos terrestres.	La ciencia es una actividad propia de los científicos, la dinámica se basa en que los científicos generen los conocimientos y los estudiantes aprendan de ellos. Pregunta 3: “la labor como científico: es que ellos investigan las cosas y después lo que ellos investigan los enseñan a nosotros los estudiantes”	Considera que el universo no puede estar bajo ningún ejercicio mental constituido por un solo cuerpo. Considera que la fuerza de la gravedad es la causa de la unión entre un clavo y un imán, aunque el clavo este sujeto a una mesa. Al lanzar un cuerpo verticalmente hacia arriba con una fuerza inicial, ésta es vencida por una fuerza de mayor magnitud y sentido contrario.	Reitera su idea que en la tierra no hay gravedad, “la pelota cae por que no hay gravedad, si hubiera gravedad se dirigiría hacia arriba”. Pregunta 4: “porque estan en el espacio y hay gravedad que es lo que permite que las cosas estén a flote y no caigan”
E7	Considera una gravedad propia para cada astro, la gravedad permite explicar fenómenos terrestres y celestes. La luna no cae sobre nosotros: “por la gravedad”. Las rocas traídos de la luna no flotan en la tierra “por que la atmosfera de la tierra y la gravedad es diferente a la de la luna”	La ciencia es la actividad investigativa y de análisis acerca de la naturaleza. La ciencia no es exclusiva de los científicos, si no que también se encuentra al alcance de los estudiantes. Responde a pregunta 3: “que el científico hace unos estudios mas profundos y uno hace los mas básicos”	No considera la posibilidad bajo un experimento mental que el universo este constituido por un solo cuerpo. En el ejercicio del clavo y el imán, considera que el imán atrae al clavo o se pega a el: “El clavo se pegaría al iman”, en la situación contraria es el clavo quien atrae el imán. Al lanzar un cuerpo verticalmente hacia arriba con una fuerza inicial, ésta es vencida por una fuerza de mayor magnitud y sentido contrario.	
E8	Los fenómenos gravitacionales están íntimamente relacionados con los conceptos masa y fuerza. La luna no cae sobre nosotros porque: “porque tiene fuerza y masa” “la tierra tiene fuerza y	La ciencia es el estudio de lo vivo. No es una actividad propia de los científicos, pero si son ellos quienes aportan los aspectos fundamentales de la ciencia. Pregunta 1: “la ciencia estudia todo lo que tiene q”	Reconoce la necesidad de mínimo dos cuerpos para que se de el movimiento planetario. La fuerza es una propiedad que reside en el clavo y es la que permite la atracción. Pregunta 2b: “no se puede por que la fuerza del	

	masa"	ver con la naturaleza y los seres vivos" Pregunta 3: "Que nosotros debenos aprender lo que nos enseña el científico"	clavo puede mover al iman pero no acercarlo demasiado"	
E9	Gravedad como una cualidad propia del cuerpo y el peso como causa de la caída de los cuerpos: al tirar una pelota hacia arriba, ésta cae inmediatamente al suelo: "porque tiene gravedad y su peso la devuelve". La gravedad entre cuerpos se ve alterado por la distancia que existe entre ellos. la luna no cae sobre nosotros: "porque estamos a una distancia muy lejano, si estuviera sobre nosotros habría gravedad"	La ciencia se enmarca dentro del estudio de lo vivo. Su principal actividad es la realización de experimentos. No es una actividad exclusiva de los científicos. Pregunta 3: "que tanto como el científico y nosotros los estudiantes organizamos experimentos"	El universo esta mínimo constituido por el sol y otro cuerpo. Considera que la fuerza reside en un cuerpo. Para evidenciar la fuerza de atracción se hace necesario un desplazamiento. Pregunta 2b: "no pasaría nada por que el clavo esta sujeto a la mesa"	
E10	Gravedad como una cualidad propia del cuerpo. "la gravedad que tiene la tierra" La gravedad aplica tanto para fenómenos terrestres como celestes : "la luna no cae sobre nosotros por la gravedad"	La ciencia es una actividad pragmática, susceptible de ser realizada por los estudiantes, el laboratorio es el lugar propicio para el aprendizaje dela misma.	La interacción permite la existencia del mundo, pregunta 1: "la tierra no seria igual porque si este mundo existe es porque todos los cuerpos si se pueden interactuar". La propiedad atractiva del imán genera un desplazamiento de los cuerpos en su dirección. Al lanzar un cuerpo verticalmente hacia arriba con una fuerza inicial, ésta es vencida por una fuerza de mayor magnitud y sentido contrario.	

8. ANÁLISIS A CUESTIONARIOS

En los cuadros anteriores se realizó una triangulación de los instrumentos aplicados, a continuación se realiza un análisis a partir de la sistematización y la triangulación de los cuestionarios.

- **Cuestionario de tipo abierto N° 1**

El primer instrumento permite comprender algunas ideas de los estudiantes sobre la gravedad, éste se realizó de manera abierta con el fin de lograr que los estudiantes expresaran libremente sus ideas frente al fenómeno. El cuestionario facilita una contrastación de las ideas ya que se elaboran diferentes preguntas con la misma finalidad. Los análisis que se pueden extraer de este primer instrumento son los siguientes:

Tres de diez estudiantes (E1, E2, E4) consideran que la gravedad es propia de los cuerpos terrestres exclusivamente. Por otro lado algunos estudiantes (E6) consideran, en algunos casos, la gravedad para explicar fenómenos terrestres y, en otros casos para explicar exclusivamente los fenómenos celestes. Dos estudiantes extrapolan la gravedad tanto para explicar fenómenos terrestres como celestes, tal es el caso de E7 y E10. De otro lado resulta complicado establecer una correlación con un modelo explicativo determinado y la idea que la gravedad es un fenómeno que sólo se da en los cuerpos celestes, por ejemplo consideración que en la tierra no hay, o muy poca gravedad, tal es el caso de E3 y E5 respectivamente. En algunos casos por ejemplo E9 es posible apreciar ideas referidas a la gravedad como característica propia de los cuerpos; es decir, que las consideraciones sobre fuerza no tienen cabida en estas explicaciones.

- **Cuestionario de tipo abierto N° 2**

Existe una pluralidad de concepciones sobre la dinámica científica y la imagen de ciencia que podrían encontrar una correlación con la evolución sobre las concepciones de ciencia a lo largo de la historia del desarrollo del intelecto humano y social. Por ejemplo, la imagen de ciencia del empirismo se ve ilustrada en E1, E3, E5, E9, y E10, para quienes la actividad científica parece ser una actividad pragmática que se desarrolla en la realización de experimentos.

Se podría decir de manera general que cada uno de los informantes claves consideran la investigación científica enmarcada dentro de lo vivo como la célula, los animales, la naturaleza, el ser humano y cada uno de los sistemas que lo conforman. Por otro lado es reiterativa la idea de una ciencia para los científicos y una ciencia para los estudiantes es el caso de E2, E5 y E6 quienes

consideran que la labor de los científicos “ es explorar el mundo de la maravilla, investigando cosas, núcleos, etc., que nunca se han visto y como estudiantes: aprender de ello”.

Esta concepción de la dinámica científica es un ejemplo de la distinción que se acostumbra hacer entre los productores del conocimiento (metrópoli) en este caso los científicos y los receptores del mismo (periferia) en este caso los estudiantes.

Dos estudiantes E4 y E10, consideran que la ciencia no se limita al espacio del laboratorio ya que E4: “la naturaleza también es nuestro laboratorio”.

Algunos estudiantes E1, E3, E4, E7, E8, E9 consideran que la ciencia no es una actividad exclusivamente de los científicos, si no que pueden ser realizadas por los estudiantes, esta concepción podría relacionarse con la idea de ciencia como construcción humana, aunque en algunos casos se encuentra limitado por la actividad experimental exclusivamente, como en el caso de E1,E3 y E9. Ninguna respuesta devela un acercamiento a la idea de ciencia como construcción social. Esta perspectiva puede desglosarse del modelo de enseñanza que se utiliza en la Institución Educativa el Salvador y de la imagen de ciencia que se deriva de los libros de texto. Esta apreciación se hace posible gracias al análisis de los diarios de campo de los que es posible comprender la manera particular de enseñar de los docente se deriva una concepción igualmente particular de los procesos científicos.

- **Cuestionario tipo abierto N°3**

Los informantes claves no consideran la gravedad como una fuerza, ya que nunca hacen referencia a esta como tal, tampoco la consideran como una atracción reciproca entre los cuerpos que estén interactuando, esto es posible inferirlo al plantearles situaciones problemicas que dan pie a hacer análisis de este tipo, mas bien consideran que un cuerpo atrae otro que simplemente experimenta un desplazamiento en su dirección.

Al presentarles una situación que represente las fuerzas que actúan sobre una pelota que es lanzada verticalmente hacia arriba, consideran la situación en la que este se ve influenciada inicialmente por la fuerza con la que es lanzado el objeto y la gravedad como la fuerza que hace que esta caiga de nueva, por consiguiente podría pensarse que asumen el impulso inicial como una fuerza que se desarrolla hasta el momento en que la fuerza de la gravedad la vence.

- **Cuestionario tipo abierto N°4**

Como se mencionó en el primer instrumento, la idea que los informantes claves manejan en torno a la TGU, parece ser resumida en la caída de los cuerpos, guiada al parecer por el sentido común, esto se puede vislumbrar en

situaciones donde se establece una comparación entre un objeto que cae y otro que se eleva, la gravedad parece no afectar este último, por tanto, podría decirse que lo que está determinado por lo perceptual, en este caso la observación de la dirección que toman los cuerpos determinan los parámetros para clasificar lo que es influenciado por la gravedad. Para la explicación de la situación en la que el humo se eleva utilizan otros factores como el aire, además establecen una relación proporcional con el peso de los cuerpos y la caída de éstos, argumentan que: “la pelota es pesada y si usted la tira a el aire ya cae a el suelo mientras que el humo como es un objeto no pesado siempre se ira hacia arriba”.

Según las respuestas encontradas en los informantes claves, podría pensarse que la gravedad y la fuerza son propias de los cuerpos o residen en ellos, encontrándose un símil con los pensamientos Copernicanos y Aristotélicos en donde la gravedad era considerada como una cualidad innata de los cuerpos: “por la gravedad que tiene y la fuerza”, “las rocas vienen con gravedad y eso es lo que hace que flote pero no por mucho tiempo”.

En cuanto a la masa y el peso no se establece una diferencia y aunque hacer una distinción entre ambas es difícil, tomando en cuenta que en las estructuras conceptuales de los informantes aun se esta desarrollando este tipo de análisis, no es posible observar que establecen cómo el peso es la fuerza con la que se ve atraído un cuerpo hacia abajo, es cierto que el peso depende de la masa del cuerpo, pero la aceleración que actúa sobre él es la misma para todos los cuerpos, ellos mas bien argumentan que los cuerpos mas pesados son atraídos hacia la tierra, haciendo referencia a la cantidad de materia mas que al propio peso.

La presencia de la atmosfera es una factor determinante en la acción de la gravedad sobre los cuerpos, es considerada incluso como una fuerza “la fuerza asmosferica hace que todo flote y la gravedad hace que se dirija a su punto” consideran que: “Porque hay mucho aire o oxigeno en el espacio y por eso llaga a cambio si se diera eso en la tierra se cae por la asmosfera”, aunque en ocasiones parece que la presencia de atmosfera es la que permite que los objetos caigan y en otras por el contrario, que floten, es evidente la importancia de este factor para sus explicaciones sobre el presente fenómeno.

En otra situación algunos de los informantes claves consideran que los objetos caen por que en la tierra no hay gravedad, en este sentido los cuerpos celestes tienen la capacidad de flotar por la presencia de esta: “La pelota cae porque no hay gravedad si hubiera gravedad se dirigiría hacia arriba”

A modo de conclusión en la etapa de análisis, se debe decir que los informantes claves de la presente investigación han sido estudiados cada uno como un estudio de caso particular, sin embargo, a partir de la información

recolectada podríamos decir que constituyen en general un estudio de caso ya que se reitera una idea en torno a la TGU resumida así:

A partir de la sistematización y el análisis de la información obtenida de los informantes claves se puede constatar que los estudiantes presentan unos modelos conceptuales característicos del pensamiento Aristotélico y Galileano principalmente.

Aunque no se tiene una definición operacional de fuerza, ésta es asumida como una propiedad que reside en los cuerpos, a su vez se podría decir que por lo general se da en la dirección del movimiento.

- **Actividad experimental**

Como último instrumento en la metodología de esta investigación, se realizó una actividad experimental con los informantes claves denominada “¡Ojo con los objetos que caen!”, esta actividad tiene por objetivo observar los efectos que la gravedad tiene sobre los cuerpos mediante una secuencia de actividades en la que la población debía analizar diversos cuerpos en caída libre y a partir de sus observaciones proponer posibles hipótesis que expliquen este fenómeno.

Análisis de la actividad experimental

Diez estudiantes realizaron esta actividad y sin excepción alguna consideran que la velocidad de caída depende del peso ya “que poseen mayor fuerza para caer”. Se reitera la idea de la fuerza de gravedad como una cualidad propia de los cuerpos que siempre reside en ellos; ésta es la causa que genera el movimiento de caída. Así mismo, es posible dilucidar la gravedad como una propiedad del medio. En este sentido consideran que el universo esta dotado de una permanente gravedad que permite que los cuerpos se encuentren “flotando” y orbitando alrededor del Sol. Para la población, la tierra dotada de una atmosfera particular evita que toda fuerza penetre en ella, por esta razón, en la tierra los cuerpos no flotan sino que caen inevitablemente.

A este respecto podría decirse que para la población, la gravedad tiene una concepción ambivalente. Además la fuerza es concebida no como una interacción entre mínimo dos cuerpos tal como lo plantea Newton, sino como una propiedad repulsiva de los cuerpos.

9. SECUENCIA DIDÁCTICA

9.1 JUSTIFICACIÓN

El tema a trabajar en la unidad didáctica está dirigido al grado séptimo, relacionado con los conceptos de gravedad y sus derivados tales como la interacción entre cuerpos. Con el fin de lograr que los estudiantes analicen dichos fenómenos de manera más racional y estructurada mediante situaciones inducidas que generen la necesidad de utilizar más que el sentido común y las percepciones para su explicación. Para tal fin, se propone trabajar con base en el modelo por investigación que reúne tres elementos bases en las nuevas tendencias educativas: lo conceptual, actitudinal y procesual, en términos de las necesidades de la población a trabajar.

El modelo constructivista propone, entre otras cosas, vincular la dinámica científica a las aulas de clase, mediante la generación de espacios en los que se haga uso de la historia y epistemología de las ciencias como herramienta que posibilita un acercamiento a aquella dinámica con una mirada más crítica, en el que la ciencia humaniza y cobra significado para el educando.

Esta unidad didáctica potencializa las dimensiones éticas, cognitivas y estéticas mediante el desarrollo de actividades individuales y grupales que llevan al estudiante a argumentar, formular hipótesis, expresar conclusiones, a reconocer las realidades del otro y en últimas a construir un conocimiento individual sujeto a la colectividad y que da cuenta de la cosmovisión científica.

9.2 MARCO TEORICO

Esta unidad didáctica parte del marco que se construyó en la presente investigación y que tiene como eje fundamental la recontextualización de la teoría de la gravitación universal. Dicho marco es el escenario propicio para el desarrollo de esta unidad didáctica que busca crear espacios de libertad para la búsqueda y la reconstrucción de nuevas interpretaciones por parte de los estudiantes y de los docentes en el campo de la física.

9.3 LOGROS

- Observa fenómenos específicos.

- Formula explicaciones posibles, con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos, para contestar preguntas.
- Diseña y realiza experimentos y verifica el efecto de modificar diversas variables para dar respuesta a preguntas.
- Evalúa la calidad de la información, escoge la pertinente y da el crédito correspondiente.
- Analiza si la información que ha obtenido es suficiente para contestar las preguntas o sustentar las explicaciones.
- Saca conclusiones de los experimentos que realiza.
- Explica el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales
- Describe el proceso de formación y extinción de las estrellas.
- Relaciona masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar.
- Reconozco los aportes de conocimientos diferentes al científico.
- Cumpló mi función cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de las demás personas.³⁶

9.4 DIMENSIONES

En esta unidad didáctica se propende por el desarrollo de las dimensiones cognitiva, corporal, ética, estética y espiritual, que están en correspondencias con estrategias de enseñanza mas contemporáneas.

9.4.1 Dimensión Cognitiva

En la dimensión cognitiva se busca que el estudiante se apropies de conceptos característicos de la ciencias y que los utiliza para explicar y construir su propia realidad. Para conocer algunos de éstos contenidos conceptuales tomados en cuenta en la teoría del principio de gravitación universal, remitirse al capítulo: FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA TGU EN LA PERSPECTIVA NEWTONIANA, de este trabajo.

9.4.2 Dimensión ética y estética

La dimensión estética apunta a la valoración y el reconocimiento del otro y de lo otro, como piezas fundamentales que hacen parte del rompecabezas que construye cada estudiante para tratar de explicar su entorno.

³⁶ Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales. Formar en ciencias: el desafío. Lo que necesitamos saber y saber hacer. Ministerio de educación nacional. Republica de Colombia. Revolución educativa Colombia aprende. Pág. 18-19

La dimensión ética, permite que el estudiante se asuma como protagonista de su conocimiento y que considere que el producto de sus reflexiones sobre un objeto de conocimiento es sólo su versión de su propia realidad; no la realidad. Esta actitud le permite valorar a sus semejantes como constructores sociales de una realidad.

Para comenzar a enseñar estas actitudes en los estudiantes, es fundamental cambiar la manera tradicional de enseñar, si las metodologías sólo se basan en la clase magistral y expositiva y el porcentaje de las actividades desarrolladas para sembrar comportamientos creativos y responsables orientados a la comprensión del conocimiento es cero, entonces los estudiantes compartirán con la metodología la misma manera estéril de participar del conocimiento. Pero si por el contrario nos apropiamos de una nueva metodología de enseñanza basada en la investigación, en la que cada alumno sea el principal actor en la construcción de su propio conocimiento sin desconocer la actuación importante del profesor en su labor de guía y acompañamiento, el estudiante desarrollará y aprenderá actitudes que no sólo le serán útiles para los momentos de clase si no que también le servirán para toda su vida.

Con esta unidad didáctica se pretenden enseñar actitudes como:

La valoración de la historia de las ciencias, lo cual es factible de enseñar por que se parte de los acontecimientos históricos que se han venido desarrollando desde las primeras ideas sobre la caída de los graves. Se analizarán los personajes involucrados en este acontecimiento y los principales factores sociales que giran en torno al hecho. De este comportamiento surgen actitudes como **el respeto por la historia, los hombres que han hecho historia y los historiadores**.

Otra actitud está orientada hacia la interiorización de éste fenómeno como camino para la resolución de otros problemas conceptuales, es decir, **la actitud crítica ante los problemas que plantea el desarrollo de la ciencia y la actitud de valorar lo que se está enseñando**.

La experimentación y la comprobación son otras dos actitudes que el profesor puede enseñar en el aula de clase. El tema de la gravitación se presta para realizar gran cantidad de experimentos; los materiales necesarios hacen parte de la cotidianidad y están al alcance de todos, entonces por qué no hacerlo y abrir un espacio para que los estudiantes puedan experimentar con más frecuencia.

Despertar **curiosidad por el mundo** – lo cual hace parte de las actitudes que están orientadas al aprendizaje de la ciencia - es otra actitud posible de aprender por parte de los estudiantes. El mundo por medio de este fenómeno ya no será concebido como un medio natural en el que el funcionamiento tiene su razón de ser en la naturaleza interna de las cosas, si no que comenzará a presentarse como un espacio lleno de interacciones y fenómenos entre los cuerpos.

Otra actitud que se debe enseñar en clase es la manera como se deben resolver las dudas, para ello se debe explicar que cuando nos enfrentamos a un problema o un ejercicio, no basta con buscar la información en los libros de texto o conocer la respuesta, si no que lo importante es la experimentación; los ejercicios que se grafican en el tablero o se resuelven mentalmente ayudan a la memorización pero no a la visualización ni a la contextualización real del fenómeno. Por ello es importante plantear situaciones que sólo alcancen un grado de significación mediante la experimentación. Por ejemplo: imaginemos que subimos al segundo piso de nuestro

colegio y desde allí dejamos caer una tiza y un globo inflado ¿Qué ocurre?, luego desinflamos el globo y lo dejamos caer junto con la tiza, ¿a qué se debe esto?. Esto es una muestra de la clase de planteamientos que requieren ser llevados a la práctica para que el estudiante pueda poner a prueba su pensamiento, argumentar, plantear hipótesis y sacar sus propias conclusiones después de la experimentación. Un valor agregado que presenta la actividad de experimentar es que en la medida en que el trabajo es realizado en grupos y los aprendizajes se construyen de forma colectiva, al mismo tiempo se van gestando **actitudes positivas frente a los compañeros tales como la cooperación y la solidaridad** sobre el individualismo y la competencia.

9.4.3 Dimensión comunicativa y corporal

Todo científico o investigador desarrolla obligatoriamente una gran capacidad discursiva y argumentativa, de lo contrario no podría exponer sus hipótesis al mundo. De esta manera, la dimensión comunicativa pretende desarrollar la habilidad de concluir, de formular hipótesis y de exponerlas a la clase con la mayor fluidez posible, en consecuencia con esta idea, se busca responder a la pregunta ¿Qué estrategias se enseñarán para abordar un tema específico que haga parte de la gravitación universal, de la manera más pertinente y eficaz y que implique la búsqueda y la aprehensión de estrategias gramaticales y lingüísticas en los estudiantes? Para comenzar se debe seguir una serie de fases partiendo de la enseñanza de unos conocimientos conceptuales específicos, un caso concreto puede ser la enseñanza de la órbita de los planetas, para ello el educador puede comenzar su explicación con la ayuda de una película, o un video relacionado con el sistema solar en el que se muestre de forma clara la manera de orbitar de los planetas. Una vez terminadas las clases dirigidas a la enseñanza del tema se procede a plantear a los estudiantes problemas imprevisibles y novedosos en el que no se haya enseñado el conocimiento de todas las variables en clases anteriores sino que por el contrario los estudiantes tengan que hacer uso de su ingenio, el objetivo no es que los estudiantes apliquen *las técnicas* sobreaprendidas sino que tengan que plantear *estrategias* y reformular su conocimiento. Un ejemplo de un problema cualitativo y que permite hacer inferencias teniendo como base lo que ya se ha enseñado es el siguiente: un hombre se encuentra descansando en un árbol cuando de pronto le cae una manzana en la cabeza, él la arroja con fuerza, la manzana describe un trayecto parabólico y luego cae. Luego otra manzana cae del árbol y el hombre nuevamente la arroja pero esta vez con más fuerza, el movimiento que realiza la manzana es similar al anterior pero con muchos más metros recorridos por la manzana. Una tercera manzana cae del árbol y esta vez es arrojada con tanta fuerza y velocidad que le da la vuelta a la tierra y posteriormente cae. ¿Por qué crees que las manzanas describen movimientos parabólicos o circulares en el caso de la manzana que le dio la vuelta al mundo?, ¿Qué crees que pasaría si una cuarta manzana cae del árbol y es lanzada con una fuerza y velocidad extremadamente grande?

Con esta clase de razonamientos se tiene la certeza de que el estudiante no está memorizando la ciencia si no que la está comprendiendo y al mismo tiempo construyendo a partir de sus análisis.

Los procedimientos que nos proponemos desarrollar en esta unidad didáctica son:

- En cuanto a la adquisición de la información:

Observación de las experiencias que se realizan dentro y fuera del salón.

Selección de las mejores experiencias con base en aquellas que brindan o sugieren respuestas adecuadas.

- En cuanto a la interpretación de la información:

Utilización de los modelos que se han enseñado en la clase para interpretar y decodificar las experiencias.

Planteamiento de hipótesis sobre el funcionamiento y la organización del universo.

Comprensión del discurso y formulación de conjeturas que resuelve el problema relacionado con la gravedad de los cuerpos.

- En cuanto a la comunicación de la información:

Expresión oral y escrita sobre lo aprendido

Emisión de argumentos y conclusiones propias.

9.5 SECUENCIA DE ACTIVIDADES: Ciclo del Aprendizaje

¡Juguemos con la gravedad!

Historia de introducción

EPPUR SI MUOVE

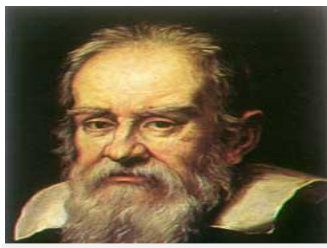


Figura1: Galileo Galilei

Abjuración de Galileo a la iglesia:

“Yo, Galileo Galilei, hijo del difunto florentino Vincenzo Galilei, de setenta años de edad, compareciendo personalmente en el juicio y arrodillado ante Vosotros, Eminentísimos y Reverendísimos Cardenales, Inquisidores generales contra la perversidad herética en toda la República

Cristiana, teniendo ante mis ojos los Sacrosantos Evangelios que toco con mis propias manos, juro que siempre he creído, creo ahora y con la ayuda de Dios creeré en el futuro, todo aquello que considera, predica y enseña la Santa, Católica y Apostólica Iglesia. Mas como por este Santo Oficio, tras haber sido jurídicamente intimado mediante precepto a que de cualquier modo debía abandonar totalmente la falsa opinión de que el Sol es el centro del Universo y que no se mueve, y que la Tierra no es el centro del Universo y que se mueve, y que no podía sostener, defender ni enseñar en modo alguno, ni de palabra ni por escrito, la mencionada falsa doctrina, y después de haberme sido notificado que la citada doctrina es contraria a las Sagradas Escrituras, por haber yo escrito y publicado un libro en el cual trato de dicha doctrina y aporto razones muy eficaces en favor suyo sin aportar solución alguna, he sido juzgado vehementemente como sospechoso de herejía, esto es, de haber creído y sostenido que el Sol es el centro del Universo y que es inmóvil, y que la Tierra no es el centro y que se mueve. Por ello, queriendo apartar de la mente de Vuestras Eminencias y de todo fiel cristiano esta vehemente sospecha, justamente concebida a propósito mío, con sinceridad de corazón y no fingida fe abjuro, maldigo y aborrezco los mencionados errores y herejías, y en general cualquier otro error, herejía o secta contraria a la Santa Iglesia; y juro que en el futuro no oiré nunca más ni afirmaré, por escrito o de palabra, cosas por las cuales pueda ser objeto de semejantes sospechas; y si conociera algún hereje o alguno que fuera sospechoso de herejía lo denunciaré a este Santo Oficio, o ante el Inquisidor u Ordinario del lugar donde me halle.

Juro también y prometo cumplir y observar enteramente todas las penitencias que me han sido o me serán impuestas por este Santo Oficio, y si contravengo alguna de estas promesas y juramentos, cosa que no quiera Dios, me someto a todas las penas y castigos que los sagrados cánones y otras constituciones generales y particulares imponen y promulgan contra semejantes delitos. Que Dios me ayude, y estos sus Santos Evangelios que toco con mis propias manos.

Yo, Galileo Galilei, he abjurado, jurado, prometido y me he obligado del modo que figura más arriba. En testimonio de la verdad he escrito la presente cédula de abjuración y la he recitado palabra por palabra en Roma, en el convento de Minerva, este 22 de junio de 1633.

Yo, Galileo Galilei, he abjurado como declaro con mi propia mano³⁷

Taller de introducción

- ¿Por qué cuando cargas tu maleta sientes que esta tira hacia abajo?

³⁷ GALILEI, Galileo. Vida y obra. Stephen. A hombros de Gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía. Crítica Editorial, Barcelona 2003. Pág 351- 352

- Describe los movimientos de la luna, la tierra y los otros planetas ¿Puedes hacer un esquema y explicarlo?
- ¿Crees que al igual que en la tierra en el espacio se puede hablar de un arriba y un abajo? Entonces ¿Crees que la luna esta sobre la tierra o debajo de ella? ¿por qué crees que la luna no cae sobre nosotros? ¿qué crees que sostiene la luna, la tierra y los demás planetas en el espacio?
- ¿Qué crees que significa peso y masa, serán iguales o diferentes?
- Los trajes que los astronautas utilizan para caminar sobre la luna necesariamente deben ser muy pesados y completamente herméticos. ¿a que crees que se deben estas características?, ¿qué pasaría si se quitara su traje? Explica.
- Por las imágenes que hemos visto del hombre caminando sobre la luna, vemos que los pasos que dan son muy lentos. ¿a qué se debe esto?
- ¿Qué ocurriría si colocamos un objeto sobre una superficie inclinada perfectamente lisa y pulida y de longitud infinita?

1. Actividades de exploración o de explicitación inicial

Se propone para exploración de ideas, aplicar los instrumentos aplicados en el apartado de metodología.

2. Actividades de introducción de conceptos:

Actividad .1 ¡Ojo con los objetos que caen!

Objetivo: Conocer las ideas básicas que los estudiantes tienen frente a la aceleración de la gravedad, a partir, de actividades experimentales.

- Organizados por parejas analicen y escriban que ocurre si:
 - Lanzamos dos objetos al tiempo y tienen:
 - Igual tamaño
 - Diferente tamaño
 - Igual forma
 - Diferente Forma

Igual o diferente color.

- Si lanzamos dos objetos desde diferentes alturas ¿Qué ocurre?
- Si lanzamos uno primero y el otro después ¿Qué ocurre?
- Si unimos dos objetos de diferente e igual masa ¿Qué ocurre?

Actividad 2 ¡Somos una comunidad científica!

- Ahora argumentemos y defendamos nuestra idea: tomen los diferentes elementos que se encuentran dentro de la cesta facilitada por el profesor, pesa los elementos que vas a utilizar y realiza lo que consideras necesario para comprobar tu hipótesis.

Recuerda que una hipótesis “puede definirse como una solución provisional (tentativa) para un problema dado. El nivel de verdad que se le asigne a tal hipótesis dependerá de la medida en que los datos empíricos recogidos apoyen lo afirmado en la hipótesis. Esto es lo que se conoce como contrastación empírica de la hipótesis o bien proceso de validación de la hipótesis. Este proceso puede realizarse de uno o dos modos: mediante confirmación (para las hipótesis universales) o mediante verificación (para las hipótesis existenciales)”

[http://es.wikipedia.org/wiki/Hip%C3%B3tesis_\(m%C3%A9todo_cient%C3%ADfico\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Hip%C3%B3tesis_(m%C3%A9todo_cient%C3%ADfico))

En los grupos en que realizaron la actividad número 2, vamos hacer la siguiente dinámica:

- Ustedes como equipo tendrán que defender sus ideas, es decir, deberán anotar y explicar que fenómeno creen que se puede evidenciar con la experiencia 2, para sustentarlo deberán tomar en cuenta los siguientes pasos (si crees que necesitas mas para defender lo que dices son libres de hacerlo):
- Deberán ponerse un nombre que los caracterice como comunidad.
- Deben responde a las preguntas que se encontraban en la guía y describir todo lo que necesitaron hacer para encontrar su hipótesis.
- Dentro del debate que se hará en el salón deberán sostener su hipótesis
- Conclusiones grupales

Actividad 3. “Eppur si muove”

Lee con atención

Fragmento de dialogo entre Salviati, Sagredo y Simplicio, extraído del libro: “*Diálogo sobre los principales sistemas del mundo*”, escrito por Galileo Galilei en el siglo XVII.

El siguiente fragmento, es un dialogo que se establece entre tres personajes, para discutir si la velocidad de caída de los cuerpos es proporcional a su peso, es decir, si un objeto de mayor peso cae mas rápido que uno mas liviano o por el contrario caen con la misma velocidad. Los personajes representan dos posturas: Ptolemaicas y Aristotélicas contra las ideas Galileanas defensor del sistema copernicano. El tercero de ellos es una postura neutral.

-Sagredo: Yo, sin embargo, señor Simplicio, que no he hecho la prueba, os aseguro que una bala de cañón que pese cien, doscientas o más libras, no aventajara ni siquiera en un palmo en su llegada al suelo, a una bala de mosquete de media libra, aunque la altura de la caída sea de doscientas brazas.-

-Salviati: sin recurrir a otras experiencias, podremos probar claramente, sin embargo, con una demostración breve y concluyente, que no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia, como en el caso, sin duda, de aquellos de los que habla Aristóteles. Pero decididamente antes, señor Simplicio, si admitís que a todo cuerpo pesado en caída libre le corresponda una velocidad determinada, de modo tal que no se pueda aumentar o disminuir a no ser que le hagamos violencia o le pongamos alguna resistencias.-

-Simplicio: Esta fuera de toda duda que el mismo móvil en el mismo medio tiene una velocidad reglamentada y determinada por la naturaleza, la cual no podrá aumentarse a no ser por un impulso nuevo ni disminuirse si no es recurriendo a algo que la obstaculice y la retarde.-

-Salviati: Entonces, si nosotros tuviéramos dos móviles, cuyas velocidades naturales fuesen distintas, es evidente que si uniésemos ambos, el mas rápido perdería velocidad por obra del mas lento, mientras que este aceleraría debido al más rápido. ¿Estáis de acuerdo con lo que acabo de decir?-

-Simplicio: Me parece que las cosas deben ciertamente, suceder así.-

-Salviati: Pero si esto es así, y si es verdad, por otro lado, que una piedra grande se mueve, por ejemplo, con una velocidad de ocho grados y una piedra pequeña, con una velocidad de cuatro, si las unimos, el resultado de ambas, según lo dicho, será inferior a ocho grados de velocidad; de lo que se sigue que tal compuesto se moverá a más velocidad que la primera de las piedras sola, lo

cual contradice vuestra hipótesis. Veis, pues, cómo suponiendo que el móvil más pesado se mueve a más velocidad que el que pesa menos, concluyo que el más pesado se mueve a menos velocidad mientras caen.-³⁸

De acuerdo con lo que comprendiste de la lectura responde:

¿Cuál de los personajes representan las ideas de Aristóteles y Ptolomeo?

¿Cuál representa las ideas de Galileo?

Investiga en diferentes medios quienes eran estos personajes y cuáles han sido sus aportes a la ciencia.

¿Con cuál de los personajes te identificas? ¿Por qué?

¿Crees que los cuerpos caen con la misma velocidad? Si, No y ¿por qué?

¿Crees que en la ciencia es posible encontrar de manera usual este tipo de discusiones? ¿Cuál crees que es la intención de Galileo con el dialogo que presenta en su libro?

Actividad³⁹ 4. Masa y peso

Figura 1. Imagen que recrea la actividad experimental



Objetivo: Comprender que los cuerpos caen con la misma velocidad, aunque presenten masas diferentes, así como también establecer una distinción entre la masa y el peso.

Desarrollo de la actividad:

1. Se toma un vaso y se le hace un orificio en la base.
2. Se toma una balanza y se pesa el vaso sólo y luego con el agua.
3. Se llena el vaso de agua, procurando taparlo con el dedo para evitar que se riegue.
3. Se prosigue a soltar el vaso desde diferentes alturas.

³⁸ GALILEI, Galileo. Vida y obra. Stephen. A hombros de Gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía. Crítica Editorial, Barcelona 2003. Pág 396

³⁹ La idea de esta actividad experimental fue tomados de la página <http://www.cientec.or.cr/ciencias/experimentos>, donde se pueden encontrar experimentos sencillos y muy interesantes, los demás componentes como objetivos, desarrollo de la actividad y preguntas orientadoras son propiedad intelectual de las autoras.

Se propone que el docente oriente esta actividad y la realice al aire libre, pidiendo la colaboración de un estudiante y que los demás observen la situación. La pregunta número 1 deben ser realizada antes y después de la actividad, con el fin de que los estudiantes predigan la situación y se desarrollen habilidades de análisis y argumentación.

Las preguntas orientadoras son opcionales, según el grupo varían, el propósito de la actividad es que el estudiante establezca la diferencia entre la masa y el peso.

Preguntas orientadoras:

1. Crees que el agua saldrá por el agujero. ¿Si, no y por qué?
2. ¿Por qué crees que el agua no se derrama?
3. ¿Crees que ambos caen con la misma velocidad?
4. ¿Qué cualidad o propiedad comparte tanto el agua como el vaso?
5. ¿Cuándo pusimos el vaso en la balanza que valor obtenemos?
6. ¿Cómo conocemos el peso del agua?
7. ¿Qué crees que es la masa? ¿Todos los cuerpos lo tienen?
8. ¿Qué crees que es el peso? ¿Todos los cuerpos lo tienen?
9. ¿Qué diferencia consideras que hay entre la masa y el peso?
10. ¿Si hay alguna diferencia entre estas, como influye en la experiencia?
11. ¿Cuándo ponemos un objeto en la balanza obtenemos su masa o su peso?
12. Ahora pensemos si realizamos esta actividad en la luna:
 - a. El agua se derrama.
 - b. Caen ambos al mismo tiempo.
 - c. El peso de ambos (vaso y agua) cambia en la luna o permanece igual.
 - d. La masa de ambos (vaso y agua) cambia en la luna o permanece igual.
 - e. El vaso y el agua flotan en la luna.

f. ¿Qué pasa con los astronautas que viajan a la luna, cayeron, flotaron o se quedaron en el espacio?

En las discusiones que se establezcan es necesaria la presencia del maestro como mediador ya que es una actividad de confrontación de ideas, se sugiere hacer una lluvia de éstas con los aportes. El maestro puede hacer sus aportes procurando no dar respuestas hasta finalizada la actividad, donde puede dar ejemplos de valores específicos de masa y peso de algún cuerpo, en este caso el del vaso o del agua tanto en la tierra como en la luna.

Actividad 5. Fuerza

Objetivo: Reconocer la fuerza de la gravedad como una interacción mutua entre mínimos dos cuerpos.

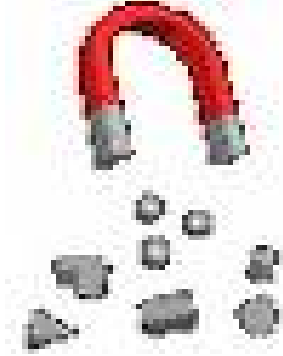
Hace mucho tiempo, un pensador llamado Gilbert propuso la teoría denominada “filosofía de la imantación” que consideraba que la atracción entre los cuerpos era análoga a la atracción generada por propiedades magnéticas es decir, que la luna atraía a la tierra por que se comportaban como un imán y una pieza de metal.

Es necesario hacer la salvedad que el concepto de fuerza es muy abstracto, por esta razón no se pretende que el estudiante realice una definición operacional del mismo, sin embargo, esta actividad debe ser orientada con la finalidad de observar la interacción que se genera entre dos cuerpos, aunque es necesario explicitar que la fuerza de gravedad no es de tipo magnética.

En la situación de los imanes de diferente proporción se puede hacer un aporte por parte del maestro en el que se explicita que los cuerpos aunque se atraen mutuamente, por lo regular el desplazamiento se realiza en la dirección del de menor masa hacia el de mayor masa, como en el caso de por ejemplo la tierra y un balón.

Desarrollo de la actividad

1. Toma un imán y acércalo a diferentes materiales, como puntillas, llaves, papeles, borradores.



2. Ahora toma un clavo y sujétalo a un soporte.
3. Tomas dos imanes y únelos
4. Toma un imán grande y uno pequeño, luego ponlos sobre la mesa, a cierta distancia uno del otro.

Figura 2. Imagen de imán atrayendo objetos

Preguntas orientadoras:

1. ¿Qué propiedad tiene el imán que atrae al clavo?
2. ¿El imán atrae todos los materiales?
3. ¿Cuándo tienes los dos imanes de diferentes tamaños, cuál es atraído? ¿A qué crees que se debe la situación?
4. ¿Cuándo el clavo es sujeto a una base, quien se siente atraído?
5. ¿Crees que ambos se sienten atraído?
6. Cuando acercas dos imanes por el lado de cargas similares, ¿Qué ocurre, cómo denominarías este fenómeno?

Actividad 6⁴⁰ “La Física se relaciona con nuestra vida cotidiana”

Objetivo: Explicitar de que tipo de fuerza es la gravedad.

Crecimiento de plantas en diversas gravedades

⁴⁰ La idea de esta actividad experimental fue tomada de: <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/taller/fisica/astronomia/default.asp>. Las actividades que se realizan con ésta, son propiedad de las autoras.

Investiga los siguientes conceptos: Auxinas, geotropismo, microgravedad y fuerza centrífuga.



Materiales

1. Rueda de bicicleta.
2. Ventilador eléctrico.
3. Tubos de ensayo y lentejas.

Figura 3. Montaje de la actividad experimental

Desarrollo de la actividad

1. Siembra una lenteja en 6 o 7 tubos de ensayo con un poco de algodón húmedo.
2. Pega a los radios de la bicicleta los tubos de ensayo con ayuda del celofán.
3. Para hacer girar constantemente la rueda durante varios días, se pone el eje de un ventilador al que hemos quitado a las aspas junto al neumático.
4. Mide constantemente la velocidad a la que gira la rueda, esto lo podemos hacer con un velocímetro de bicicleta, además es necesario que también midas los radios de la bicicleta, esta medida la tomas iniciando desde el lugar donde se encuentra la semilla y el eje de la rueda para calcular el valor de gravedad simulada en diferentes planetas. Con estas medidas podrás calcular la aceleración centrípeta.

Completa el siguiente cuadro con los datos encontrados:

Cuadro7. Sistematización N°1 de la información obtenida en la actividad 6

Medida de los Radios (cm). Ubicación de semilla	Velocidad					Aceleración centrípeta $A_c = \frac{v^2}{r}$
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	
Semilla1:						
Semilla2:						
Semilla3:						
Semilla4:						

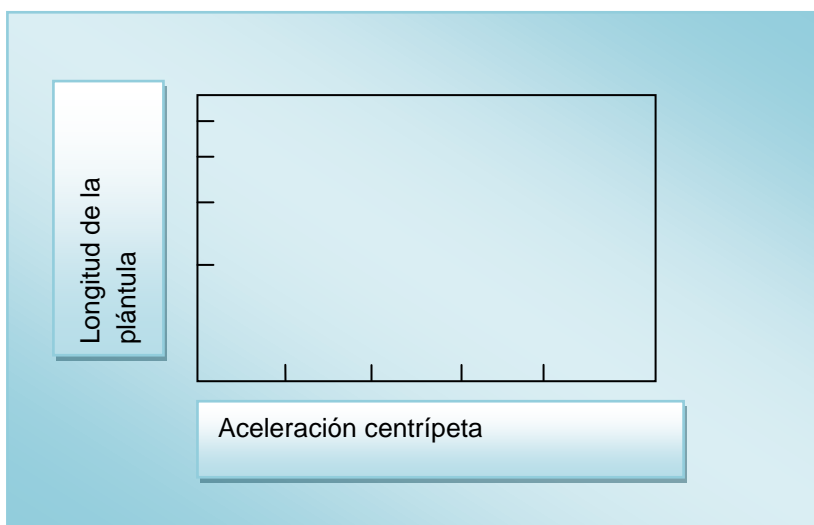
Luego de completar la tabla, saca las semillas germinadas con mucho cuidado y mide con ayuda del profesor la longitud que alcanza las plántulas de lentejas.

Cuadro 8. Sistematización N° 2 obtenida de la actividad 6

Semillas	Longitud de la plántula al finalizar el proceso (cm)

Ahora realiza el siguiente diagrama para establecer la influencia de la variación en la aceleraciones centrípetas con el crecimiento de las plantas, es decir como influye la aceleración de la gravedad en el crecimiento de las plantas.

Figura 4. Gráfica para relacionar variables



Se puede observar con esta experiencia que el tiempo de inicio de germinación no varía con el valor de la gravedad, que el crecimiento es aproximadamente proporcional a la gravedad y que la semilla crece especialmente bien en valores de g cercanos al terrestre ($9,8 \text{ m/s}^2$). El docente debe hacer un acompañamiento permanente, ya que, esta actividad involucra la relación de variables y el análisis de resultados.

Preguntas orientadoras:

1. ¿Todas las semillas germinan al mismo tiempo?
2. ¿Todas las plántulas alcanzan la misma longitud? ¿A qué se debe esto?
3. ¿La variación en el radio y la velocidad afectan el crecimiento de las plantas?
4. ¿Qué conclusiones puedes hacer frente de los datos obtenidos y a la gráfica que realizaste?

Actividad⁴¹ 7. Bola que no pesa

Objetivo: Observar si el estudiante ha comprendido conceptos como masa, peso y fuerza.



Materiales:

1. Vaso.
2. Cuerda.
3. Canica.

Desarrollo de la actividad:

1. Pega con cinta adhesiva una bolita de vidrio o de goma al centro de un trozo de cuerda de unos 15 a 20 cm. Pega los extremos de la cuerda a un vaso plástico, como muestra
2. Sube a una silla tal como muestra la figura y lánzalo.

Figura 5. Demostración gráfica de la actividad 7.

Preguntas orientadoras

1. Crees que la canica entra al vaso antes de caer? ¿Si, no y por qué?
2. ¿Crees que tanto el vaso como la canica caen con la misma velocidad?
3. ¿Qué cualidad o propiedad comparte tanto la canica como el vaso?
4. ¿Qué es la masa? ¿Todos los cuerpos la tienen?
5. ¿Qué crees que es el peso? ¿Todos los cuerpos lo tienen?
6. ¿Qué diferencia consideras que hay entre la masa y el peso?
7. ¿Si hay alguna diferencia entre estas, como influye en la experiencia?
8. ¿Cuándo ponemos un objeto en la balanza obtenemos su masa o su peso?

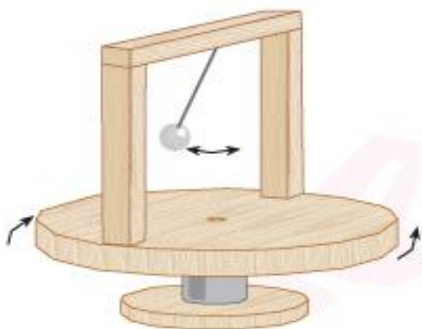
⁴¹ Este experimento fue tomado de la página <http://www.cientec.or.cr/ciencias/experimentos>, donde se pueden encontrar experimentos sencillos y muy interesantes.

3. Actividades de estructuración del conocimiento

Con el fin de fomentar bases conceptuales claras el profesor debe procurar una clase en donde se realice una recapitulación de las actividades realizadas hasta el momento, donde se establezcan conclusiones temporales frente al fenómeno de estudio, haciendo explícito conceptos como: masa, peso y fuerza

Actividad⁴² 8. La tierra en movimiento

Objetivo: Comprender que la tierra esta en constante movimiento.



Materiales:

- Plataforma giratoria.
- Péndulo.

Figura 6. Montaje de actividad 8

Desarrollo de la actividad

Supón que alguien te pregunta qué si la tierra esta en movimiento o en reposo, él cree que lo mas probable es que se encuentre ubicada en el centro quieta y que los demás planetas están girando a su alrededor, éste fenómeno se evidencia por que nosotros no sentimos cuando la tierra se mueve. ¿Cómo podrías argumentarle que la tierra se mueve constantemente alrededor del sol utilizando los elementos de este montaje?

⁴² La idea de esta actividad experimental fue tomada de: <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/taller/fisica/astronomia/default.asp>. Las actividades que se realizan con ésta, son propiedad de las autoras.

Ahora piensa: si la tierra esta en movimiento y presenta dos polos: ¿por qué las personas que están en el polo sur no caen?

Pues la respuesta es muy fácil, recuerdas cuando trabajamos los imanes, estos se atraen de igual manera pasa con nosotros y la tierra, nos atraemos mutuamente por la propiedad que ya estudiamos y es la masa, independiente de lo grande o lo pequeña que sea, todos los cuerpos en la tierra nos sentimos atraído hacia ella, pero de igual manera ésta es atraída hacia nosotros. Si aún no entiendes realiza la siguiente actividad para comprenderlo mejor.

Actividad⁴³ 9: Pegados



Materiales:

- Esfera terrestre con cubierta interior metálica
- Muñecos de madera cuya base es un imán
- Soporte que permite el giro de la esfera

Figura 7. Montaje de la actividad 9

Si alguien tiene dificultades para comprender por qué si la tierra esta en constante movimiento no caemos o se derrama el agua de los océanos ¿Cómo le explicarías con ayuda de estos elementos?

Actividad 10. Taller: Apliquemos lo aprendido

En los grupos que se han realizado las diferentes actividades analiza y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Describe los movimientos de la luna, la tierra y los otros planetas? Pueden hacer un esquema y explicarlo.

⁴³ La idea de esta actividad experimental fue tomada de: <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/taller/fisica/astronomia/default.asp>. Las actividades que se realizan con ésta, son propiedad de las autoras.

- ¿Crees que al igual que en la tierra en el espacio se puede hablar de un arriba y un abajo? Entonces ¿Crees que la luna esta sobre la tierra? ¿por qué crees que la luna no cae sobre nosotros? ¿qué crees que sostiene la luna, la tierra y los demás planetas en el espacio?
- Un hombre se encuentra descansando en un árbol cuando de pronto le cae una manzana en la cabeza, él la arroja con fuerza, la manzana describe un trayecto parabólico y luego cae. Luego otra manzana cae del árbol y el hombre nuevamente la arroja pero esta vez con más fuerza, el movimiento que realiza la manzana es similar al anterior pero con muchos más metros recorridos por la manzana. Una tercera manzana cae del árbol y esta vez es arrojada con tanta fuerza y velocidad que le da la vuelta a la tierra y posteriormente cae. ¿Por qué crees que las manzanas describen movimientos parabólicos o circulares en el caso de la manzana que le dio la vuelta al mundo? ¿Qué crees que pasaría si una cuarta manzana cae del árbol y es lanzada con una fuerza y velocidad extremadamente grande?
- ¿Qué crees que pasaría en el espacio con un objeto que lanzáramos? explica ¿se detendría en algún momento? ¿Cuándo se detendría? ¿Crees que de alguna manera la gravedad se relaciona con estos fenómenos?
- Los trajes que los astronautas utilizan para caminar sobre la luna necesariamente deben ser muy pesados y completamente herméticos. ¿a que crees que se deben estas características?, ¿qué pasaría si se quitara su traje? Explica.
- Por las imágenes que hemos visto del hombre caminando sobre la luna, vemos que los pasos que dan son muy lentos. ¿a qué se debe esto?
- Donde crees que se encuentra el error en las afirmaciones “en el espacio no hay gravedad” y “Los cosmonautas pierden masa ósea por la ausencia de gravedad en la luna”. Explica tus respuestas y además la pérdida de masa ósea en los astronautas.
- Qué ocurriría si colocamos un objeto sobre una superficie inclinada perfectamente lisa y pulida y de longitud "infinita"? ¿Cuál será, en este caso, la dirección y sentido de la fuerza resultante que actúa sobre el objeto? .Citar de Galileo

Actividad 11. Visitemos algunos sitios Web

Para comprender la atracción mutua entre los cuerpos y los efectos que se derivan de ésta, vamos a la sala de sistemas a ver algunos videos siguiendo estos pasos:

Ingresa a la página: <http://www.acienciasgalilei.com/> y selecciona en el siguiente orden cada uno de los iconos nominados:

Página inicial

Física

Videos

Mecánica clásica

La manzana y la luna

Gravitación

Ley de gravitación

Para esta fase del ciclo es importante describir el principio de gravitación universal propuesto por Newton, además hacer explícito por qué éste para su época no lo estableció como una ley.

Actividad 12. ¿Qué hemos aprendido?

Luego de haber realizado todas las actividades hasta el momento, como podrías resumir todo lo aprendido.

4. Actividades de aplicación

Se pretende a partir de los conceptos que se han trabajado hasta el momento desde la mecánica Newtoniana plantear situaciones problemas que desde dicha perspectiva son difíciles de abordar, con la finalidad de mostrar que ninguna teoría es una verdad absoluta y eterna.

Actividad 13. Taller: Discutamos lo aprendido hasta hoy

- Piensa en la siguiente situación: un cuerpo X con una masa mayor a la de la luna pasa cerca a la tierra. ¿Qué crees que ocurre?
- ¿Qué ocurre cuando enviamos un satélite desde la tierra y éste se aleja en el espacio y no interactúa con otro cuerpo?

- Si pasa un cometa choca con la luna y esta queda más cerca de la tierra. ¿Qué ocurre?, ¿Cuánto tarda la tierra en sentir los efectos?

Actividad⁴⁴ 14. “La gota ingrávida”

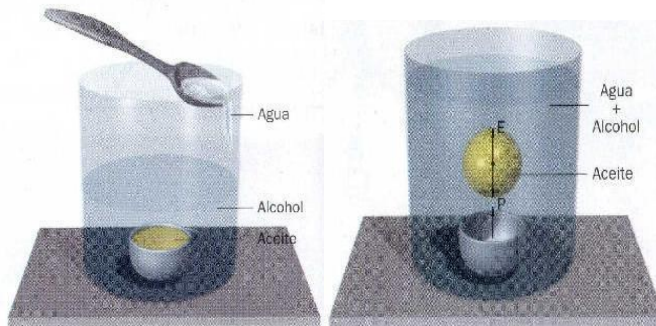


Figura 8. Montaje de la experiencia 14

Materiales

1. Un vaso grande.
2. Una cápsula de porcelana pequeña.
3. Alcohol.
4. Aceite de oliva.

“Siempre pensamos que los líquidos no tienen forma "propia", pero eso no es así: la forma natural de todo líquido es la de una esfera. Generalmente la gravedad lo impide y hace que adopten la forma del recipiente donde se vierten, pero cuando se encuentran en el seno de otro líquido de la misma densidad, los líquidos, por el Principio de Arquímedes, "pierden" su peso, y entonces adoptan su forma natural esférica. El aceite de oliva flota en el agua pero se hunde en alcohol. Por consiguiente, puede prepararse una mezcla de agua y alcohol que tenga la misma densidad que la del aceite, en la cual dicho aceite permanezca en equilibrio dentro de la mezcla. Esto es debido a que el peso y el empuje se igualan.”

<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/taller/fisica/astronomia/default.asp>

Desarrollo de la actividad

1. Se llena la cápsula con aceite de oliva y se coloca en el fondo del vaso

⁴⁴ La idea de esta actividad experimental fue tomada de: <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/taller/fisica/astronomia/default.asp>. Las actividades que se realizan con ésta, son propiedad de las autoras.

2. En este último se echa, con precaución, el alcohol necesario para que la cápsula quede totalmente sumergida en él.
3. Añade, poco a poco, agua por la pared del vaso.
4. Observa con cuidado que ocurre.

Preguntas orientadoras

- ¿Qué observas? ¿Por qué ocurre esto?
- ¿Qué forma adopta la gota de aceite?
- Si utilizamos otra sustancia, en remplazo del aceite o del agua, tendríamos el mismo resultado?
- Según los estudios que hemos realizado hasta el momento, se podría decir que la gota de aceite, vence las fuerzas presentes?

CONCLUSIONES

- El análisis histórico y epistemológico del principio de gravitación universal genera las condiciones adecuadas para elaborar una estructura conceptual de esta teoría que permita la modificación y la recontextualización de la misma. De igual manera, el acercamiento a textos originales o de textos de primera mano también potencializa la actividad de la recontextualización de las ideas que normalmente se enseñan en el campo de la física para este caso en particular.
- A partir de un análisis a la mecánica clásica se puede considerar la fuerza como una interacción que surge entre dos cuerpos, esta idea se aleja de la usual consideración de fuerza como la acción que ejerce un cuerpo sobre otro y que le obliga a cambiar su estado de movimiento, idea con la que usualmente se asocia el pensamiento newtoniano.
- Para los informantes clave la teoría de la gravedad se puede resumir de la siguiente manera: la gravedad como una propiedad del medio y de carácter repulsivo, permite que los cuerpos estén orbitando alrededor del sol sin caer. Además consideran que la tierra tiene una propiedad diferente a los demás planetas, la atmósfera, esta peculiaridad es la que permite que la gravedad no entre a la tierra.
- A partir de la sistematización y el análisis de la información obtenida de los informantes claves se puede constatar que los estudiantes presentan unos modelos conceptuales característicos del pensamiento Aristotélico y Galileano principalmente.

PROYECCIONES

Se deja abierta la posibilidad de retomar esta propuesta didáctica en una futura investigación como una herramienta indispensable para cultivar el enfoque de historia y epistemología de la ciencia desde la física; de esta manera será posible comprender la magnitud su utilidad y del servicio que puede ofrecer tanto a docentes como estudiantes que comiencen con su intención y su obligación de recontextualizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBOLEDA, Luis Carlos. “Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)” Centro de estudios históricos, CSIC. Dpto. de Historia de la Ciencia, Madrid. Simposium Internacional, San José de Costa Rica, Feb. 18-20/87
- CARVAJAL, Cantillo, Etna.; GOMEZ, Vallarta, Maria del Rocío. “Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.” En: Revista Mexicana de Investigación Educativa. Septiembre-Diciembre 2002, vol. 7, núm. 16. pp. 577-602
- DUHEM, Pierre. La Teoría Física, su objeto y su estructura. Herder Editorial, S.L., Barcelona 2003.
- ELKANA, Yehuda. “La ciencia como sistema cultural: Una aproximación Antropológica.” Bogota, Vol 3, enero-diciembre 1983. Pág 65-80.
- EULER, Leonhard. Cartas a una Princesa de Alemania. Edición preparada por Carlos Minués Pérez. Universidad de Zaragoza, 1990.
- GRANES, José; CAICEDO, Luz Marina. “La educación como recontextualización. Un punto de vista sobre la educación y los educadores”. En: MOMENTO. Departamento de Física Universidad Nacional de Colombia. N° 14-15, 1997. Santa Fé de Bogota Colombia.
- GUERRERO, Pino Germán. Elementos para la enseñanza de las ciencias derivados de la obra de T. S. Kuhn. En: Física y Cultura. Cuaderno sobre historia y enseñanza de las ciencias. N. 6. 1999. Escuela de filosofía. Universidad del Valle.
- HAWKING, Stephen. A hombros de Gigantes las grandes obras de la Física y la Astronomía. Crítica, Barcelona 2003.
- HESSEN, Boris. Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton. Tomado de: Saldaña J.J (1989). Introducción a la teoría de la historia de la ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. México 1989.
- KUHN, S. T. La estructura de las revoluciones científicas: Un papel para la historia. Brevarios del fondo de cultura económica. México 2002.

- LATOUR, Bruno. "La esperanza de Pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la Ciencia" Gedisa editorial, Barcelona 2001.
- LATOUR, Bruno. Los estudios de la ciencia y la comprensión. GUTIERREZ, Solana.; ESPUNY, Javier.; <http://serbal.pntic.mec.es/~cmunoz11/latour.pdf>. fecha de consulta: marzo 22/2007
- LOAIZA Escutia Claudia ¿Qué imagen de la ciencia habría que divulgar?. Instituto Politécnico Nacional (México). Centro de difusión de ciencia y tecnología.
- MATTHEWS, M.R. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. Education Department, Aucklan, New Zealand.
- PALMER David. Students` alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. Faculty of Education, The University of Newcastle, NSW 2308, Australia; EDUC., 2001, Vol. 23, N. 7, 691-706.; e-mail:
- eddhp@cc.newcastle.edu.au
- RODRIGUEZ, Luz Dary.; ROMERO, Ángel. La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. En: física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias. N°6. 1999. Universidad pedagógica Nacional.
- RODRIGUEZ, Luz Dary.; AYALA, Maria Mercedes. La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En: Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, numero 2, 1996. Departamento de física, Universidad Pedagógica Nacional.
- ROMERO, Ángel. "La búsqueda de los principios fundamentales de la mecánica: Euler y D'Alembert. Praxis filosófica nueva serie, N° 24, Enero-Junio 2007. Universidad de Antioquia.

ANEXOS

Anexo1. Cuestionario 1



UNIVERSIDAD DE
ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA FACULTAD DE EDUCACIÓN CUESTIONARIO ESTUDIANTES Nº1 I.E EL SALVADOR



Facultad de Educación
50 años

Solicitamos muy cordialmente que responda las siguientes preguntas de la manera mas sincera posible. El presente cuestionario no tiene como finalidad calificar ni evaluar sus conocimientos, por el contrario, nos permitirá comprender y analizar las ideas de los estudiantes sobre los fenómenos de gravedad y gravitación.

Observa el siguiente gráfico:



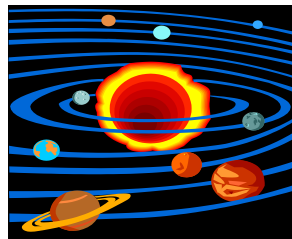
1. Escribe dos frases sobre las cosas que puedes ver en este dibujo, utilizando las siguientes palabras:

Gordo, flaco, monedas, de cabezas, arriba, abajo, fuerza, masa, niños, señor, tierra, bolsillo, atracción, gravedad.

2. ¿Por qué cuando tiras una pelota hacia arriba, ésta cae inmediatamente al suelo?



3. Escribe una corta narración que relate lo que crees que esta recreando la imagen.



4. Lee con atención la siguiente historia:

En su cohete a la luna, este hombre tenía una gran misión: aterrizar en la superficie de la luna y recoger la mayor cantidad de rocas lunares que pudiera y traerlas de regreso a la tierra para que los científicos pudieran estudiar los

materiales de los que estaba formada la luna.



¿Cómo explicas el hecho de que un objeto tan pesado como una nave espacial pueda levantarse de la Tierra y viajar hacia la luna?

¿Por qué la luna no se cae sobre nosotros?

¿Crees que las rocas traídas de la luna flotan en la tierra?

Anexo 2. Cuestionario 2



UNIVERSIDAD DE
ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
CUESTIONARIO ESTUDIANTES Nº2
I.E EL SALVADOR



Solicitamos muy cordialmente que responda las siguientes preguntas de la manera mas sincera posible. El presente cuestionario no tiene como finalidad calificar ni evaluar sus conocimientos, por el contrario, nos permitirá comprender y analizar las ideas de ciencia que los estudiantes tienen.

1. ¿Qué crees que es la ciencia?

2. ¿Alguna vez has hecho ciencia y en qué momentos?

3. ¿Cuál crees que es la diferencia entre la labor que desempeña un científico y tu labor como estudiante?

4. ¿Crees que es indispensable la existencia de un laboratorio para el aprendizaje de las ciencias?

5. ¿Crees que un niño que no cuenta con elementos como: laboratorio, cuadernos y libros comprendería ciencia, sería capaz de hacer ciencia?

Anexo 3. Cuestionario 3



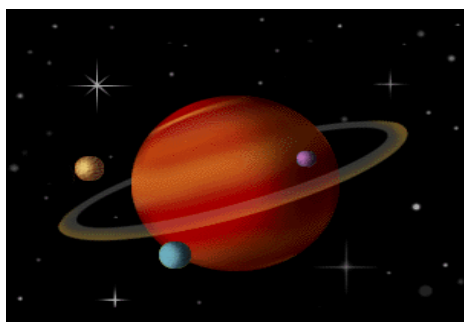
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
CUESTIONARIO ESTUDIANTES N°3
I.E EL SALVADOR



Nombre _____ Grado _____

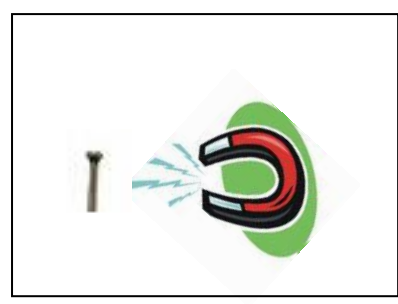
Solicitamos muy cordialmente que respondas las siguientes preguntas de la manera mas sincera posible. El presente cuestionario no tiene como finalidad calificarte ni evaluarte, por el contrario, queremos conocer que opinas acerca de algunos fenómenos.

1. Platón un filósofo griego se encontraba con sus discípulos observando al cielo y les pregunto: ¿Qué movimiento realizan los cuerpos errantes (planetas, astros)? Esta pregunta revolucionó la manera de pensar de muchos astrónomos y científicos durante largo tiempo, pasaron varios siglos para describir aquel movimiento y comprender como giran los planetas alrededor del sol y algún día alguien pensó que era necesario que al menos existieran dos cuerpos para que este movimiento se presentara, por ello en nuestro sistema habían numerosos planetas con sus astros girando uno alrededor del otro y ambos alrededor del sol. Ahora piensa ¿Qué ocurriría si en el universo solo existiera un cuerpo que no pudiera interactuar con otro?

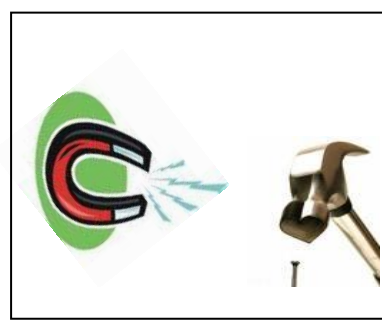


2. piensa en la siguiente situación:

c. Un imán está sobre la mesa (como se describe en la figura) y lo acercas un poco a un clavo ¿Qué pasa? ¿Alguno de los dos objetos se mueve? ¿Cuál y en que dirección?



d. Ahora si fijas el clavo a la mesa y acercas nuevamente el imán ¿Qué ocurre? ¿alguno de los dos objetos se mueve? ¿Cuál y en que dirección?



3. Si tiras una pelota hacia arriba, ¿Cuál figura crees que representa mejor las fuerzas que están presentes en el fenómeno?

Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación 4
Hay una fuerza dirigida hacia arriba y luego otra fuerza dirigida hacia abajo.	Solo hay una fuerza dirigida hacia arriba, producto del lanzamiento que se realizó.	La dirección de la fuerza es hacia abajo.	No hay ningún tipo de fuerzas actúan sobre la pelota.

Anexo 4. Cuestionario 4



UNIVERSIDAD DE
ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
CUESTIONARIO ESTUDIANTES N°4

I.E EL SALVADOR



Facultad de Educación
50 años

1. Juanito un niño de 5 años, escucho en una canción la siguiente frase: “todo lo que sube tiene que caer”. Juanito quiere saber exactamente que quiere decir esta frase. ¿Cómo le explicarías a él, el significado de esta idea? ¿Con qué demostración o experimento Juanito podría comprender tu explicación?

2. ¿Por qué cuando tiras una pelota hacia arriba, ésta cae al suelo? Y ¿Por qué el humo del cigarrillo en lugar de dirigirse hacia el suelo, se dirige hacia arriba?

3. Observa el titular de este periódico:

EN EL VACIO NO HAY GRAVEDAD



¿Qué piensas de lo que dice el titular de este periódico? ¿Estás de acuerdo con esta afirmación?

4. El cohete del astronauta Neils Amstrong, partió de la tierra. Sus potentes propulsores le permitieron salir de nuestro planeta sin ninguna dificultad. Una vez en el espacio los propulsores del cohete se apagan, esto es lo que siempre hacen los cohetes en el espacio, mientras continúan con su rumbo hacia la luna. ¿Por qué los cohetes con los propulsores apagados no caen? ¿Cómo puede continuar el cohete hacia la luna con los propulsores apagados?

5. El señor Neils Amstrong volvió de su viaje de la luna, él cumplió con su misión de traer rocas lunares para que fueran estudiadas por los científicos y así conocer la composición y características de la luna. Una vez que los científicos se disponían a destapar las cajas en donde se encontraban las rocas lunares, éstas salieron flotando rápidamente y se esparcieron por todo el laboratorio imposibilitando su estudio. Algunas rocas lunares ya han sido capturadas y colocadas en un lugar especial para que no floten, pero algunas de ellas aún continúan flotando libremente en la tierra. Ahora trata de explicar: ¿por qué las rocas lunares flotan en nuestro planeta? ¿Crees que estas rocas lunares también flotan en la luna, que es el lugar de donde vienen? ¿Qué características debe tener el lugar donde los científicos depositan las rocas para que éstas no floten?
