



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación

**Consideraciones acerca de la fuerza gravitacional y la aceleración de gravedad:
una diferenciación conceptual para el contexto de la enseñanza**

Trabajo presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

ARLEY ALONSO ECHAVARRÍA MEJÍA

OSIRIS PLATA LOBO

OVER MANUEL GARCÍA LÓPEZ

Asesor (a)

Yirsén Aguilar Mosquera

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Agradecimientos

A la vida misma...

Por hacernos coincidir en este tiempo y en este espacio con el objetivo común de ser maestros.

A nuestros padres, hermanos, esposos e hijos...

Que fueron pacientes y cómplices de esos momentos difíciles, motivando el deseo de seguir luchando por hacer realidad nuestros proyectos.

A nuestro asesor y amigo Yirsén Aguilar Mosquera...

Por su disposición y exigencia, por ser vigía en este proceso investigativo, además de enseñarnos que renunciar no debe ser una opción y que las cosas siempre se pueden hacer de una forma mejor.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Resumen

La pregunta por la enseñanza de las ciencias en la actualidad ha producido diversidad de miradas entorno a los conceptos considerados pilares en la construcción del conocimiento, en el caso de la física, al dirigir la mirada hacia los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad se evidencia de manera reiterada la dificultad de significarlos de tal manera que se pueda establecer una diferenciación entre ambos, cuando de fenómenos gravitatorios se habla.

Algunas investigaciones Dibar y Pérez (2007), Camino (2006), Galili (1997) y Pozo (1987), han revelado que esta situación se debe en gran medida a que en términos lingüísticos y epistemológicos, estos dos conceptos se han trabajado en las aulas de clase de manera indistinta, generando confusión a la hora de ser abordados, además resaltan la poca mención histórica que se hace de ellas y por tanto no se exponen las situaciones problemas que dieron paso a los estudios científicos, asunto que propaga la idea de ciencia acabada si posibilidad de cambio.

Consecuente con esto, se realiza un análisis epistemológico, de Galileo Galilei e Isaac Newton, y se recurre a sus textos Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias y los Principios matemáticos de la filosofía natural respectivamente, con el propósito de realizar una resignificación de estos dos conceptos.

Así mismo, en esta investigación se asume un enfoque epistemológico que se traduce en una forma de enseñanza, basada en la construcción de conocimiento y la realización de



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

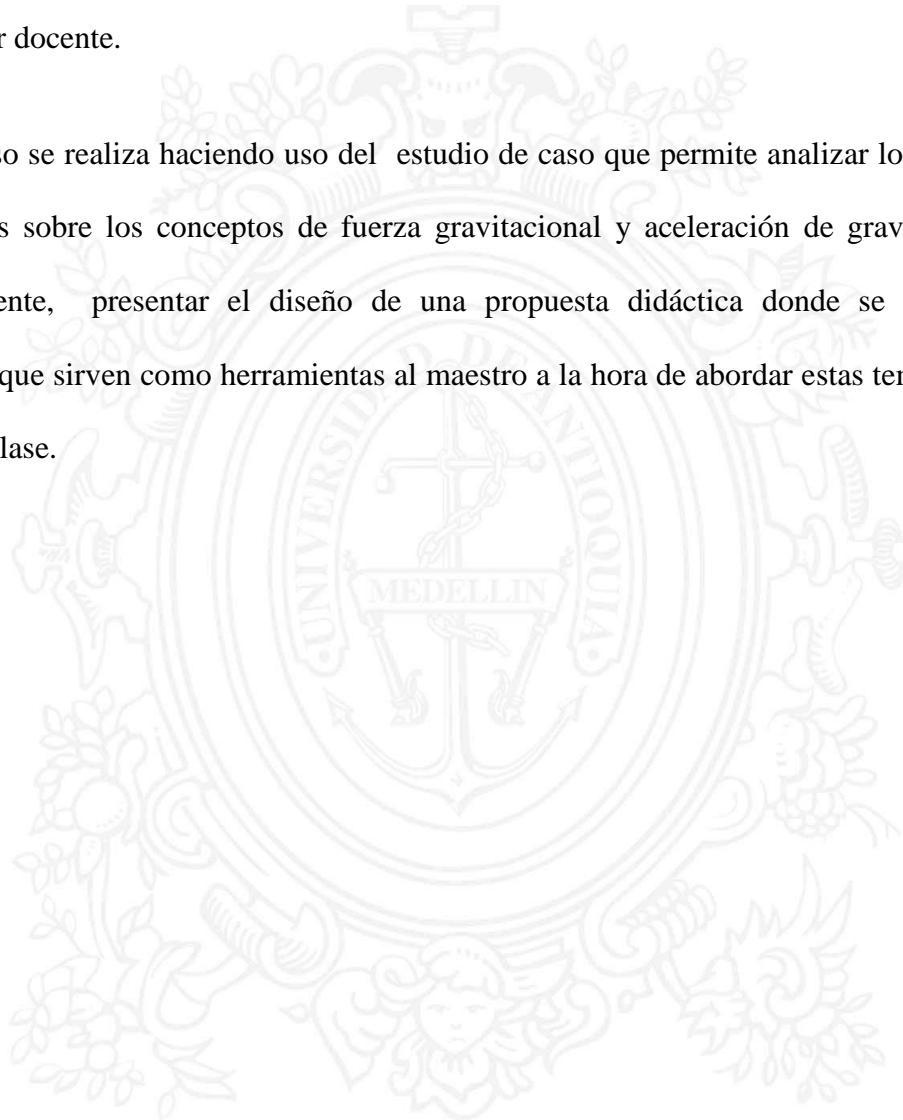
1803

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

consensos, postura que invita al maestro a ser coherente con sus ideas de realidad y su quehacer docente.

Este proceso se realiza haciendo uso del estudio de caso que permite analizar los modelos explicativos sobre los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad para posteriormente, presentar el diseño de una propuesta didáctica donde se consignan estrategias que sirven como herramientas al maestro a la hora de abordar estas temáticas en el aula de clase.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Contenido

Capítulo 1. Contextualización.	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Objetivos	7
Capítulo 2. Marco teórico	8
2.1 Aceleración de gravedad y fuerza gravitacional en el contexto de la enseñanza	8
2.2 La historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza de la física	10
2.2.1 Respecto a dos cosmovisiones de ciencia.	13
2.2.2 Cosmovisión fenomenológica en relación con la enseñanza de la física	14
2.3 Conceptualización de Aceleración de gravedad y Fuerza Gravitacional.	17
2.3.1 Conceptualización de Aceleración de gravedad desde Galileo	17
2.3.2 La masa en la aceleración de gravedad del cuerpo	18
2.3.3 Incrementos constantes en la velocidad de caída de los cuerpos	20
2.3.4 Concepción de fuerza. Atracción gravitacional	23
2.3.5 La fuerza como interacción	24
Capítulo 3. Marco Metodológico	27
3.1 Caracterización de la investigación	27
3.2 Contexto de investigación	27
3.3 Informantes y criterios de selección	28
3.4 Recolección de la información	29
3.5. Sistematización de la información.	31
3.6. Análisis de la información	32
Capítulo 4. Hallazgos	34
4.1 la fuerza gravitacional como una propiedad intrínseca de los cuerpos	36
4.2 Un centro es el causante de la fuerza gravitacional.	37
4.3 Indistinción entre fuerza gravitacional y aceleración de gravedad.	40
4.4 La fuerza gravitacional como producto de la interacción entre cuerpos	43
4.5 La gravedad como la magnitud de la aceleración constante con la cual un cuerpo se precipita hacia otro	47
4.6 La aceleración de gravedad que experimenta un cuerpo en caída libre no es independiente de su masa.	49

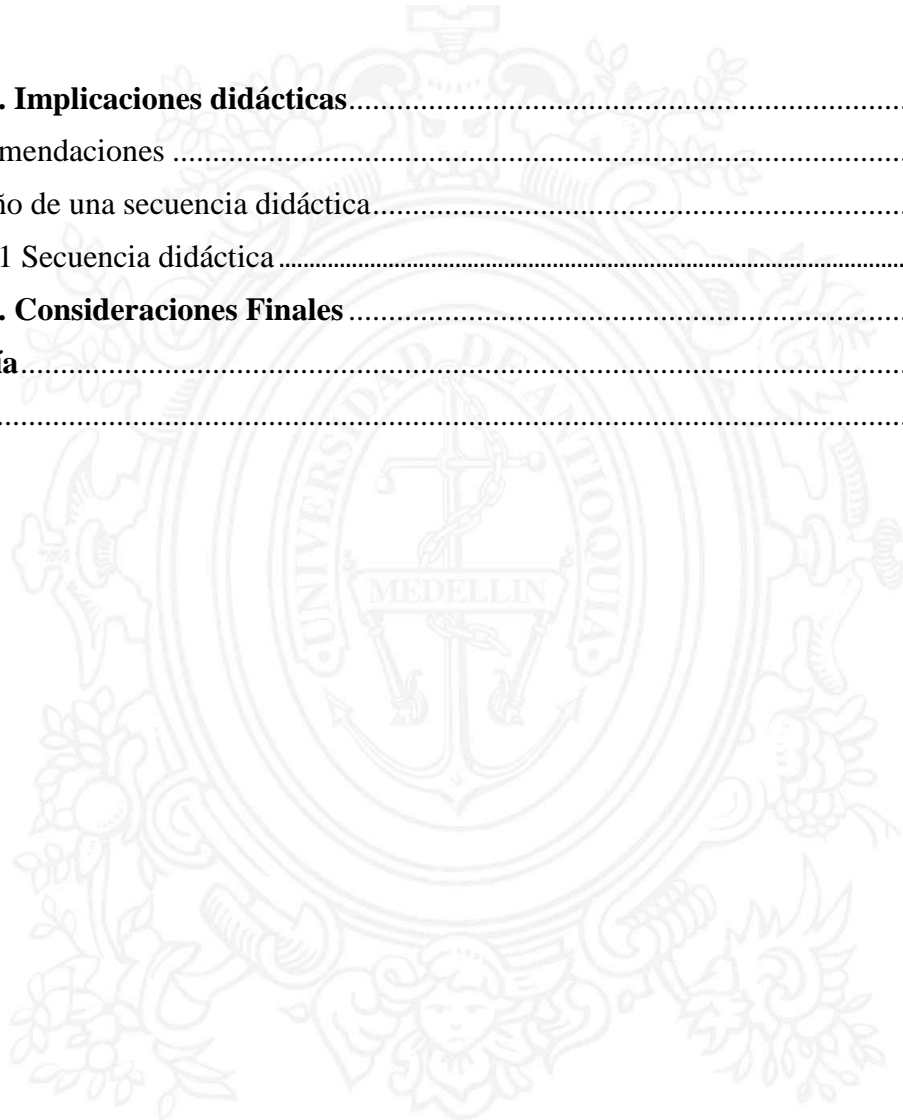


UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Capítulo 5. Implicaciones didácticas	52
5.1 Recomendaciones	54
5.2 Diseño de una secuencia didáctica.....	55
5.2.1 Secuencia didáctica.....	56
Capítulo 6. Consideraciones Finales	79
Bibliografía	83
Anexos	90



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Capítulo 1. Contextualización.

1.1 Planteamiento del problema.

En el intento de responder a los desafíos que se presentan día a día en la enseñanza, producto de los cambios culturales y sociales, han surgido interrogantes acerca de la manera más adecuada de enseñar ciencias, de los propósitos de enseñanza y de su importancia; al respecto, se han realizado investigaciones (Carrascosa y Gil, 1985; Gil, 1993; Gil, 1994; Pozo, 1987; Segura, 1991) que intentan responder a preguntas relacionadas con el contexto, el método de enseñanza, la cosmovisión del docente, la forma de los estudiantes recibir y tramitar la información, y la dificultad de los maestros para representar algunos conceptos (Gil, 1994).

En concordancia con lo anterior, algunas investigaciones (Aguilar, 2006; Matthews, 1994) sumadas a trabajos como los de Kuhn (1982), afirman que el modo de entender el mundo es determinante en la manera de significar la ciencia y en consecuencia la enseñanza misma. De acuerdo con esto, un aspecto problemático a destacar en la enseñanza de las ciencias, es que prevalece la comúnmente llamada manera tradicional o natural de enseñar, enmarcada en el positivismo lógico; en esta perspectiva, la realidad es independiente del sujeto que la observa, la verdad es absoluta y en consecuencia el problema de la enseñanza se centra en la transmisión de verdades absolutas y por tanto no hay lugar para la reflexión del docente (Porlán & Martín, 1991).



Ahora bien, como resultado de asumir una postura epistemológica. El maestro se apropia de un modo particular de asumir la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias, condición que se refleja en el modo de proceder.

A este respecto otra situación problemática, es que en muchas ocasiones son ignorados los aspectos históricos en la imagen de ciencia enseñada, y cuando se usa la historia, muchas veces se crean en el estudiante imprecisiones que presentan una imagen distorsionada de la construcción y evolución de los conceptos científicos. Solbes y Traver (1996) señalan que las ciencias han sido enseñadas en su mayoría con un carácter cronológico y biográfico, asunto que trae consigo problemáticas tales como:

- Transmitir la creencia de que el principal motivo de la ciencia es de índole formal y matemático.
- Mostrar que los únicos autores de la ciencia son los grandes genios con talento innato relegando el carácter social fruto del trabajo colectivo.
- Enseñar la ciencia como perfecta al comenzar las temáticas con experimentos cruciales que dejan a un lado las situaciones problema que los originaron.
- Exponer la ciencia como acabada y sin cabida al error al omitir cualquier tipo de limitaciones.

Todo ello debido a que la ciencia se expone como la acumulación de verdades absolutas.



Ante estas cuestiones resulta relevante la enseñanza de la física, pues por medio de ella la persona en formación tiene la posibilidad de asumir una visión de mundo que le permita situarse como sujeto pensante y constructor de conocimiento. De esta manera el uso de consensos tiene lugar al poner a dialogar los diferentes tipos de conocimientos: el conocimiento científico y el conocimiento común, y posibilita la búsqueda de soluciones centradas en un razonamiento crítico acorde a las necesidades del contexto. Además, el reconocimiento de las diferentes formas de conocer, ligadas a diversas culturas, es un punto de partida que permite visualizarlas como valiosas y legítimas, en el sentido que menciona Elkana de tener su manera propia de validar el conocimiento, lo que puede permitir asumirlo como una construcción humana (1983).

A su vez la imagen de ciencia que se transmite en muchas ocasiones está dada como una sucesión de postulados establecidos que no presentan posibilidad de cambio, deducidos lógicamente a partir de una serie de principios universales y no como una consecuencia de la construcción de conocimiento que busca dar solución a los problemas en un contexto como mencionan Solbes y Traver (1996) en su trabajo. A causa de ello, es de gran relevancia el uso de la epistemología en esta investigación, ya que esta proporciona una comprensión de los conceptos, al mostrar su desarrollo y dinámicas de construcción, simultáneamente permite establecer relaciones entre los contenidos científicos y los intereses éticos, culturales y políticos del contexto donde son producidos tales conocimientos (Matthews, 1994).

De igual forma, es importante para esta investigación, el papel que desempeña la historia como posibilitador de reflexiones que permiten al alumno acercarse a las diferentes problemáticas que dieron lugar a los estudios científicos y que impulsaron el



reconocimiento de las diversas maneras de enfrentar los problemas, en la medida en que se reconozcan los hechos históricos como consecuencia de las interpretaciones que el historiador hace de los datos, en contextos particulares (Carr, 1983), lo que conduce a un modo de significar la historia y por ende a un modo de significar la ciencia (Aguilar, 2006).

Consecuente con estas consideraciones, esta investigación está orientada al estudio de la fuerza gravitacional o peso y aceleración de gravedad, conceptos pilares de la física mecánica debido a que, en el contexto de la enseñanza, el proceso de comprender su relación y diferencia permiten analizar los fenómenos físicos del universo observable, entre ellos medir propiedades como la masa y la densidad de los astros, así como también responder a situaciones cotidianas a las que la humanidad está sometida indefinidamente; además de analizar cómo mediante estas concepciones se logra demostrar que la física terrestre y celeste se rigen bajo el mismo principio basados en los planteamientos de Newton (1686), quien mediante sus estudios logró fusionarlos en una sola ley que explica, entre otras cosas, el significado físico de las leyes de Kepler sobre el movimiento planetario, el intrincado problema del origen de las mareas y da cuenta de la observación de Galileo acerca de que el movimiento de un objeto en caída libre es independiente de su peso.

Lo anterior, lo resaltan distintas investigaciones al poner de manifiesto dificultades que surgen al abordar Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad. Por su parte, Dibar y Pérez (2007) exponen que en ocasiones la descripción de



estos conceptos físicos está determinada por el conocimiento común y las construcciones teóricas propias que en algunos casos difieren de los conocimientos científicos.

Por lo tanto, entre las dificultades que se pueden resaltar, se destacan la comprensión del carácter de acción a distancia que contempla la atracción entre masas de tamaños indistintos como ocurre con los objetos próximos a la superficie de la tierra, otra dificultad es considerar a la tierra como un imán, presentando en algunos razonamientos al campo magnético terrestre como el responsable de la acción gravitatoria; sumado a lo anterior se puede citar el hecho de no problematizar el motivo por el cual es necesario explicar las causas de la caída de los cuerpos que induce al alumno a atribuirle una explicación solo desde la naturalidad de los sentidos (Camino, 2006).

Así mismo, es usual concebir a la fuerza como una entidad perteneciente a un cuerpo, situación que entra en conflicto con ejemplos como: ubicar un objeto único en el universo, al preguntarse por su peso se entendería que tiene peso en sí mismo, asumiendo este como una propiedad intrínseca de los cuerpos, idea contraria a la concepción de fuerza como interacción, en la cual el peso está determinado por las condiciones o características de los objetos en cuestión. Así mismo, este razonamiento conduce a planteamientos contradictorios tales como considerar a la tierra como la poseedora de la atracción gravitacional.



En consecuencia es recurrente que los alumnos consideren a “*la gravedad*” como la causante de que los cuerpos caigan (Galili, 1993), omitiendo que la aceleración de gravedad, es un valor numérico que representa la razón de cambio de la velocidad con respecto al tiempo a la que necesariamente debe asociarse una masa, además mencionan a “*la gravedad*” cuando se refieren al sistema que representa las relaciones de proporcionalidad enunciadas por Newton (1686) en su planteamiento sobre la fuerza de gravedad que comprende una masa particular y la tierra como masas puntuales, y la distancia entre ellas; Camino (2005) agrega que al no dimensionar estas diferencias, las respuestas más frecuentes ante el interrogante sobre la atracción de los cuerpos hacia la superficie de la tierra es que “*la gravedad*” es la única implicada y causante.

Las anteriores situaciones hacen ver a la aceleración de gravedad y la fuerza gravitacional como dos conceptos iguales, que por consecuencia son usados como sinónimos tanto en la enseñanza como en la representación de los conceptos, puesto que ambas se tratan indistintamente para dar respuestas a fenómenos gravitatorios, y se asumen como la causante directa de que los cuerpos caigan en la tierra y la segunda suele mencionarse sólo en relación a los movimientos de los cuerpos celestes.

Consideraciones como las mencionadas invitan a investigar sobre ¿cómo resignificar, en el contexto de la enseñanza, la relación y conceptualización de gravedad y fuerza gravitacional desde una perspectiva histórico epistemológica?



1.2 Objetivos

Objetivo General

Resignificar la conceptualización y diferencia de aceleración de gravedad y fuerza gravitacional desde una perspectiva histórica epistemológica a través del análisis de las representaciones que permita su comprensión.

Objetivos específicos

- Indagar acerca de los conceptos de aceleración de gravedad y la fuerza gravitacional a partir de los planteamientos de Newton y Galileo.
- Caracterizar los modelos explicativos y las representaciones de los conceptos que realizan 4 casos de la Institución Educativa Comercial de Envigado.
- Conceptualizar aceleración de gravedad y fuerza gravitacional a partir del contraste entre los modelos explicativos de Newton, Galileo y las representaciones de los 4 casos, con el fin de diseñar una estrategia de enseñanza materializada en una secuencia didáctica.



Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Aceleración de gravedad y fuerza gravitacional en el contexto de la enseñanza

En la enseñanza de las ciencias se presentan problemas de orden conceptual debidos en parte a la construcción intuitiva de los estudiantes, además de la forma cómo son presentados en algunos libros de texto. A este respecto, se evidencia en algunos libros la atribución a la fuerza gravitacional como propiedad intrínseca de la tierra, como es el caso del libro Física Universitaria donde se encuentra que *la tierra atrae hacia sí misma cualquier cuerpo que se deje caer, aun cuando no haya contacto directo entre dicho objeto y la tierra.*” (Sears & Zemansky, 2009), otra afirmación semejante refiere que la ley de Newton postula “la fuerza o atracción gravitacional *de un cuerpo* depende de la masa de éste, también dice que la luna y la tierra podían tratarse *como masas puntuales*, con toda su masa concentrada en sus centros”. (Wilson, Buffa, Lou, 2007, p. 231,232) sin ninguna aclaración al respecto.

Además en algunas investigaciones, sobre la enseñanza de la física subyace una problemática relacionada de modo particular a la cohesión de los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, en estos estudios se ha mostrado cómo la falta de claridad conlleva a la puesta en escena de ambigüedades que crean dificultades al momento de tratar estos conceptos; en tal sentido, de las dificultades más relevantes halladas en las investigaciones se precisan las siguientes:

Una de las problemáticas es representar la tierra como una partícula sobre la cual se dibujan las reacciones, induciendo en los alumnos a relacionar ciertas propiedades



atribuidas a ese centro como la causa de la gravedad (Camino, 2006). Por otra parte, se presenta la imposibilidad de concebir el efecto de acción a distancia entre los objetos; y es que no resulta fácil intuir esto a partir de la observación de sucesos cotidianos, es por ello que en la vida cotidiana los imanes presentan fascinación porque violan ese principio de “imposibilidad” de acción a distancia provocando un desafío a lo conocido; si bien la fuerza gravitacional no es percibida como acción a distancia, La interacción se encuentra escondida por la presencia insoslayable de la tierra, es necesario enseñar a imaginar la fuerza como una interacción conjunta de los cuerpos que claramente es una idea contraria a la intuición” (Dibar y Pérez, 2007, p.37-38). Sin embargo, así mismo en comparación con el efecto a distancia de los imanes, la atracción gravitatoria puede llevar a confundirse con la interacción magnética de la tierra haciendo a esta última la responsable de la atracción.

Por lo anterior, resulta de gran importancia el análisis de las explicaciones o soluciones que dan los estudiantes respecto a los temas de aceleración de gravedad y fuerza gravitacional; dado que los docentes a la hora de la enseñanza dan respuestas a cuestionamientos que los estudiantes en su vida cotidiana no se han planteado, en tal escenario los estudiantes no encuentran motivo para tener que explicar las causas de la caída de un cuerpo como lo plantean Dibar y Pérez (2007) y, más tarde, los alumnos suelen referirse al “peso propio” de los objetos de manera semejante a la concepción aristotélica, que explica la caída de los cuerpos como una búsqueda de los graves a su lugar natural, atribuible a la naturaleza propia de los cuerpos; a esto se suma el uso inadecuado del lenguaje científico elaborado en contextos específicos, hecho común en la crisis contemporánea de la enseñanza de las ciencias reflejada en el alto índice de analfabetismo científico (Matthews, 1988).



Frente a este panorama, donde es apremiante la precisión y diferenciación entre estos conceptos, se hace necesario recurrir a una herramienta adecuada que allane el camino hacia la resignificación de los mismos, en este aspecto la historia y la epistemología son el recurso apropiado ya que favorecen una comprensión más profunda de la disciplina, la cual no obedece exclusivamente a un problema lógico sino a un complejo proceso histórico resultado de la interacción con la cultura y el conocimiento cotidiano (Hamburger, 1985. Elkana, 1983). En este sentido, la física no es una verdad absoluta y tanto la historia como la epistemología permiten adquirir un conocimiento más amplio sobre su estructura y contenidos, ganando claridad en los aspectos metodológicos, ontológicos y axiológicos que logran mostrarla con una visión más humana (Matthews, 1992. Bunge 1985).

2.2 La historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza de la física

Desde la época del renacimiento, en los círculos de los grandes pensadores de la ciencia, comenzó a surgir la llamada pregunta por el conocimiento, la cual le da un carácter epistemológico a la ciencia, pues dicha pregunta lleva a otras esenciales, como lo es la pregunta sobre el objeto de la ciencia, las explicaciones sobre la naturaleza, el método, los fundamentos, la concepción de verdad, entre otros. Inicialmente, el hombre se preocupaba por la extensión de la ciencia, el interés residía en identificar y estudiar la totalidad de la naturaleza, una visión positivista apoyada en que “las verdades son absolutas” con una causalidad unidireccional, por la cual a cada efecto corresponde una única causa (Cassier,



1979); bajo esta concepción la pregunta por el conocimiento carece de importancia, pues se piensa que la ciencia y sus teorías están determinadas por una realidad inmutable y exterior al sujeto, en donde no cabe preguntarse por los fundamentos de lo que se considera la naturaleza.

En contraste con lo anterior, la pregunta por el conocimiento, plantea dos rutas, una de ellas por el objeto de la ciencia y la otra por el método, estas rutas epistemológicas arrojan rápidamente buenos resultados, personajes como Galileo y Newton construyeron sus teorías basados en las nuevas concepciones de ciencia que surgieron con base en el cambio de mentalidad emergente de la época, en sus obras se configuran sus maneras particulares de relacionarse con el conocimiento, es decir, la manera en que éste se asume es la que guía la investigación científica, concepción de ciencia contraria a la imperante anteriormente, donde la realidad era absoluta además de ser la ruta de la ciencia en su tarea de revelar las leyes bajo las que se gobierna la naturaleza.

De manera análoga, en la década de 1650, un cambio en la forma de hacer ciencia comienza a hacerse visible simultáneamente con la mirada hacia el mundo natural del cual el hombre ya no es un agente externo sino que hace parte de él. De acuerdo a este cambio Shapin a partir de la experiencia de Boyle, expone que la producción del conocimiento es mediado por tres tecnologías: la tecnología material que involucra todos los aspectos de la actividad propiamente experimental, la tecnología literaria en la cual se hace uso del discurso oral o escrito para comunicarlo a los que no son testigos directos de la experiencia,



y por último la tecnología social en la que un conjunto de personas eruditas en la materia, establecen pautas para validar el conocimiento y ponerlo al servicio de la sociedad (Shapin, 1991). Todas estas tecnologías están imbricadas de tal manera que cada una de ellas implica las otras dos; dicha propuesta engendra el camino de movilización donde la ciencia no se descubre, sino que se construye partiendo del experimento como la fuente legitimadora de la experiencia, el discurso y las convenciones establecidas para examinar los conocimientos.

La dependencia mutua de las tecnologías tiene por argumento la premisa de que construir discursos sobre la realidad es construir conocimientos porque no hay separación entre sujetos y realidad, entonces el contexto de la comunicación no es separable del contexto de materialización. Así mismo, lo que llamamos naturaleza y conocimiento está determinado por consensos que el sujeto acuerda y la naturaleza no es lo que se está por descubrir, sino lo que el sujeto construye y acuerda con la comunidad bajo una convención que es anclada por estas tecnologías.

En efecto, hacer ciencia requiere de construir hechos experimentales, comunicarlos y convencer las fuentes legitimadoras, que son sujetos acreditados, reconocidos y con autoridad cuyo testimonio es respetado, que no están convencidos de una realidad absolutista sino de una construida por las significaciones y acuerdos. El hecho en la cosmovisión constructivista, es el discurso que se teje de acuerdo a lo que se está observando y al cual se tiene la posibilidad de acceder, no lo produce el experimento



mismo, sino el consenso que se crea de las interpretaciones de los sujetos que atestiguan; al tratarse de experiencias y conclusiones nuevas es determinantes incluir las circunstancias negativas y dificultosas, pues los detalles permiten construir rutas de significación con sentido, donde lo circunstancial ofrece posibilidades para convencer y alcanzar ese acuerdo, dando a la ciencia la cualidad de construcción humana (Shapin, 1991).

2.2.1 Respecto a dos cosmovisiones de ciencia

En este escenario se plantean las cosmovisiones realista y fenomenológica, dos maneras de ver el mundo que permiten hacerse preguntas tales como ¿qué es la ciencia?, ¿qué es la realidad?, ¿cuál es el papel del sujeto en la experimentación?, ¿cuáles son las relaciones causa–efecto?, entre otras, preguntas que aterrizadas a cada cosmovisión dan elementos para pensar los problemas de la enseñanza.

Dicho brevemente, la cosmovisión realista concibe un mundo natural independiente del sujeto, donde los objetos y fenómenos se encuentran en un escenario externo al observador, toda persona que investigue dicho mundo natural llegará a las mismas conclusiones ya que se concibe la realidad como única y el método científico como la ruta que conduce a remover los velos de la naturaleza y descubrir esa ciencia que es inmutable.

Por su parte la cosmovisión fenomenológica, percibe al mundo a partir de las representaciones y en tal sentido a la naturaleza no se puede acceder tal y como es, desde esta visión la ciencia es una actividad que se construye gracias a los consensos dados en



referencia a los fenómenos naturales; entonces cuando se observa algún objeto, aquello que se puede decir de él son las sensaciones e impresiones generadas en el sujeto, esto induce a que la forma de observar lo que llamamos naturaleza es particular y está transversalizado por la carga teórica que cada sujeto posea y de la cual es difícil sustraerse; en este orden de ideas la caracterización y significación de cada objeto será lo que el sujeto dictamine, la cual al ser validada por el acuerdo, posteriormente se convertirá en el saber científico. Así la cosmovisión fenomenológica en la cual la ciencia es una red de interpretaciones humanas no invisibiliza al sujeto, y por el contrario adquiere un papel protagónico porque la naturaleza está construida por tentativas de mundo (Aguilar, 2002).

2.2.2 Cosmovisión fenomenológica en relación con la enseñanza de la física

Muchas veces se ha pensado el problema de la enseñanza en su mismo contexto, como manifiesta Aguilar, donde por lo general el discurso se agota en reflexiones que quedan en hechos teóricos de difícil aplicación práctica, es por ello que se piensa que los problemas en este campo pueden verse desde el punto de vista de las cosmovisiones, es decir, la manera como se entiende el mundo es determinante a la hora de reflexionar en torno a la enseñanza (2006).

Lo anterior se debe a que, la concepción que se tiene del conocimiento determina tanto lo que se asume por verdad, como la manera de hacer ciencia y en consecuencia de enseñarla. Esto le da el carácter de sistema cultural a la ciencia, ya que puede ser enseñada, cuestionada, discutida, desarrollada, afirmada, formalizada y contemplada (Elkana, 1983), en el cual se deben validar las teorías por una comunidad científica cuyos modelos de juicio



son contextualmente definidos y además, están situados en un momento histórico determinado.

Por lo tanto, la verdad se encuentra en manos de terceros, pues la forma de asumir esta verdad genera maneras de proceder, o métodos para producir conocimiento validable, a su vez, los fundamentos de la ciencia cambian y por ende la ciencia no es sustentada solamente por la experiencia, sino también en constructos teóricos, donde la teoría precede a la experimentación. Sin embargo, lo anterior no conduce a asumir las teorías como formas definitivas de la ciencia sino que posibilita mutar de la receta a la explicación y del resultado al problema, para abrir paso a una exploración que amplía los horizontes a otras interpretaciones (Bunge, 1980).

En palabras de Matthews: “Un profesor de Física con conocimientos de Historia y Epistemología de la Ciencia puede facilitar que los estudiantes comprendan cómo la física captura y no captura, el mundo real y subjetivo en que vivimos”. (1992). Con estos elementos, la ciencia comienza a tomar un carácter más humano y más amplio, pues ya no se toma como un simple conjunto de resultados sobre la realidad, sino que es una estructura compleja que contiene unos fundamentos, reflexiones sobre el método, maneras de explicar, además de otros elementos que edifican y dan rumbo a las cosmovisiones que la persona toma con respecto a las realidades (Cassier, 1979).

Así mismo, el reconocimiento de las diferentes formas de conocer ligadas a diversas culturas, es un punto de partida que permite visualizar todas aquellas formas como valiosas pues tienen su manera propia de legitimarlas, una mirada en retrospectiva a la historia puede sustentar el hecho de que el conocimiento científico se ha fundamentado y



evolucionado desde el saber cotidiano y el contacto directo con la cultura, distinguiéndose entre ellas sólo la jerarquización interna y la prioridad que se da a cada una de sus fuentes, entendiendo por fuente todo aquello que le proporciona información para ser categorizada entre ellas la revelación y la experiencia (Elkana, 1983).

Por tal razón, la perspectiva histórica en esta investigación está enmarcada en la consideración de que la historia se crea a partir de imaginarios en torno a las realidades del pasado y a la luz de las realidades actuales, en donde juega un papel fundamental la interpretación de los hechos, es decir, incluso la significación de los eventos del pasado adquieren relevancia a partir de las narraciones hechas en el contexto actual y también de la manera de buscar solución a los problemas que se tengan al momento de estudiarlos, así definimos un pasado dinámico, cambiante y dependiente del contexto socio-temporal que intenta explicarlo. Además, la historia misma modifica la historia, pues cada suceso nos conduce a resolver cuestionamientos desde distintos enfoques, abriendo la posibilidad a múltiples formas de relacionarse con el conocimiento, dando respuestas a los problemas actuales (Carr, 1983).

Es por esto que en la presente investigación las ciencias son consideradas tentativas de la realidad, la historia como un conjunto de tentativas del pasado y en particular la física, un conjunto de tentativas de la naturaleza, validadas por una comunidad y acorde con las necesidades de su realidad; por lo tanto, se puede afirmar que el sujeto debe asumir un papel activo y crítico en el contexto en el cual interactúa.



2.3 Conceptualización de Aceleración de gravedad y Fuerza Gravitacional

En aras de buscar soluciones al problema planteado, desde la concepción de ciencia y de su enseñanza asumida en esta investigación se hace necesario realizar un estudio de los teóricos, en cuyos razonamientos se tratan aquellos aspectos relacionados que permiten diferenciar la aceleración de gravedad y fuerza gravitacional, elementos estructurantes que serán tenidos en cuenta al momento de caracterizar las formas tanto de proceder como de conceptualizar presentados desde los textos clásicos, instrumentos de nuestro objeto de estudio, que deben hacer parte de los contenidos de la enseñanza en la educación media. Es en este sentido que radica la importancia de estos autores y a continuación se presentan sus respectivos enfoques.

2.3.1 Conceptualización de Aceleración de gravedad desde Galileo

En la búsqueda de las nociones elaboradas por el teórico acerca del concepto físico de la aceleración de la gravedad desarrollado desde su postura, se resalta la importancia del uso estratégico por este autor de la tecnología literaria, como un instrumento revolucionario que permitió evidenciar las diferentes representaciones de la época respecto a lo relacionado con la caída de los cuerpos. Galileo representa en sus diálogos “*consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*” su propia personalidad mediante dos de los protagonistas, Sagredo quien defiende la postura Aristotélica imperante durante siglos, representando de manera fidedigna los cuestionamientos que el mismo teórico se hizo cuando enfrentó sus consideraciones con la idea aristotélica del mundo y manifiesta las inquietudes y cuestionamientos que él afrontó al intentar refutar las ideas con las que fue educado. Por otro lado, Salviati defiende



astutamente la nueva mirada de Galileo, este presenta como principal argumento la experimentación mental, en la cual a partir de la imaginación es posible llevar a cabo las experiencias y por lo tanto en su facilidad de reproducirlas mentalmente por otros sujetos, poder convertirlas en hechos experimentales; además con una sutil astucia procura consensuar ideas para avanzar en el estudio de las características que evidencian la aceleración uniforme en este movimiento, y un tercer actor es Simplicio, un humanista neutro que media la discusión interrogando tanto una postura como la otra.

En el pensamiento revolucionario del autor, dentro del discurso del mismo Salviati, podemos notar el arraigo que este tenía hacia un pensamiento realista, no es un secreto pues que los cambios de pensamiento demandan tiempo, que los paradigmas se transforman lentamente en la historia, pero tampoco se puede negar que esta cosmovisión puede ser identificada en el teórico, al manifestar la necesidad de investigar y explicar una definición exacta para el movimiento acelerado mediante las reglas fijas dadas por la naturaleza las cuales son reveladas en todas sus obras y es una verdad indiscutible según su parecer.

2.3.2 La masa en la aceleración de gravedad del cuerpo

La igualdad de las velocidades para la caída de todos los cuerpos en el vacío, independiente de sus pesos específicos y absolutos propuesta por Galileo, fue una idea controvertida que contrariaba el postulado aristotélico de la proporcionalidad causa efecto en la caída libre; este supuesto atribuye a la masa como la causa que determina la magnitud de la aceleración en los objetos y si el efecto es una velocidad diferente para cada cuerpo,



ello conlleva a postular que los elementos en relación con su masa también son proporcionalmente acelerados; es decir, para un cuerpo de masa n -veces mayor que otro, implica así mismo que éste caerá n -veces más rápido; de donde se puede concluir que en la interacción entre el objeto y la tierra la aceleración de gravedad es variable.

Galileo no presenta una explicación puramente teórica desde la física para demostrar sus ideas, algunos razonamientos lo llevaron a analizar a través de los experimentos mentales una nueva forma de representar los conceptos. En uno de ellos, los personajes Sagredo y Simplicio en el análisis del movimiento evidencian las características de la aceleración en dos rocas de diferente peso que se dejan caer desde una misma altura; lo cual obedece a lo dicho por Aristóteles: la de mayor masa alcanzaría una mayor aceleración y velocidad que la más liviana, pero dado el caso en que se aten una a la otra y luego se lancen, deberían ser de una magnitud intermedia a los casos iniciales, ya que la más liviana ocasionaría una desaceleración en el movimiento de la más pesada; frente a esta afirmación Salviati argumenta que esto es una contradicción, puesto que el peso combinado también puede traducirse en una aceleración mayor que las aceleraciones en los lanzamientos independientes de las masas (Galilei, 1638).

A partir de este razonamiento puede verse como no se atribuye a la masa ser un factor influyente a la hora de determinar la magnitud de la aceleración en la caída de los cuerpos, ni tampoco asume que la velocidad está asociada solo a la distancia, sino que el cambio en la velocidad se asocia al tiempo transcurrido.



2.3.3 Incrementos constantes en la velocidad de caída de los cuerpos

Al analizar otros aspectos en el estudio de la aceleración natural de los cuerpos se puede rescatar otros elementos para identificar de un modo más profundo la concepción de aceleración de gravedad que tenía Galileo Galilei, si bien es cierto no es la misma que se enseña hoy en día en las instituciones, ni tampoco él menciona explícitamente una definición, hay algunas ideas esenciales que son base para entender el trabajo pionero que impulsó el desarrollo de la física en relación a lo que hoy entendemos por aceleración de gravedad.

En relación con lo anterior, el pensamiento platónico en el cual el mundo podía ser descrito de manera matemática, facilitó comprender en Galileo que la naturaleza obedecía a esa misma estructura, es por ello que en su estudio del movimiento en la caída de los cuerpos, de entrada plantea que la aceleración sí es constante, aunque lo argumenta implícitamente desde la correspondencia existente entre los intervalos de tiempo iguales y los incrementos iguales de velocidad; para esto, usa la geometría de planos inclinados en condiciones ideales, es decir perfectamente lisos para ilustrar de una manera estructurada las relaciones de proporcionalidad en el movimiento, y hace un contraste con el movimiento uniforme en donde a tiempos iguales se recorren distancias iguales con una aceleración igual a cero.

En este sentido si la intensidad de la velocidad crece según el incremento del tiempo, es decir, si la velocidad es proporcional a éste, la constante que relaciona ambos conceptos es la gravedad la cual da cuenta de dichos incrementos. En términos más detallados, si consideramos un número cualquiera de fracciones de tiempo iguales, a partir del primer instante en el que el cuerpo abandona la situación de reposo y comienza a



descender, el grado de velocidad adquirido en la primera y segunda fracción de tiempo tomadas conjuntamente, es el doble del grado de velocidad adquirido por el móvil en la primera fracción; mientras que el grado que se obtiene en tres fracciones de tiempo es el triple y el adquirido en cuatro, cuádruple del grado alcanzado en el primer tiempo (Galilei, 1638), de modo que aunque los grados de velocidad son distintos en cada intervalo subsiguiente de tiempo, la gravedad que es la tasa de aumento o disminución de los grados, es constante, y se presenta como efecto de la interacción entre la tierra y el cuerpo; ya sea que el cuerpo descienda o por el contrario sea lanzado hacia arriba respectivamente.

Lo anterior es cuestionado desde el punto de vista aristotélico (Sagredo), donde se discute que cuando se transita de un estado de reposo a movimiento se pasa repentinamente a tener una velocidad inmediata y notable, frente a esta aseveración Salviati argumenta que cada intervalo de tiempo se puede dividir en infinitos instantes, en cada uno de los cuales un cuerpo en aceleración natural no recorre ningún espacio, a cada uno de esos instante se le puede asociar un y sólo un grado de velocidad; error sería si a diferentes instantes se les asigna el mismo grado de velocidad entonces la aceleración generada sería nula, es decir no habría incrementos en los grados de velocidad y como resultado se observaría un movimiento uniforme porque en intervalos iguales se movería distancias iguales, ello implica que cuando el cuerpo es lanzado hacia arriba no tendría nunca porque detenerse, sería un movimiento perpetuo, pero lo que ocurre entonces, es que simplemente pasa sin emplear más de un instante, y cada uno de ellos corresponden a los infinitos grados de velocidad que hay hasta alcanzar el reposo, y los aumenta en el descenso de igual modo, a razón del efecto constante de la aceleración de gravedad.



En defensa de su argumento Galileo (Salviati) expone además que el efecto de la aceleración de gravedad en los cuerpos por muy pesados que sean (erradicando la idea de que la caída depende de la masa) ocasiona movimientos muy lentos en los primeros instantes de tiempo y que cuando éste transcurre la velocidad adquirida es cada vez mayor, señalando que esto se puede analizar al observar el hundimiento que genera el golpe del cuerpo sobre una estaca enterrada perpendicularmente en la arena y se introduce porciones diferentes de acuerdo al tiempo de vuelo del objeto; a medida que aumenta la cantidad de tiempo aumenta el valor de la velocidad, por tal razón experimental, si fuera por la masa, la profundidad de inserción de la estaca debería ser la misma independiente del tiempo de caída, o si fuera por causa de la velocidad instantánea el resultado esperado no debe cambiar al anterior. De este modo, valida que el cuerpo debido a la aceleración de gravedad durante el tiempo de vuelo, produce mayores efectos cuando la velocidad ha aumentado más, dado que ha tenido más tiempo para ello. Galileo explica este efecto sin ocuparse de las causas que lo genera y en la voz de Salviati lo define así:

“Por el momento es la intención de nuestro autor investigar y demostrar algunas propiedades del movimiento acelerado (sea cual sea la causa de tal aceleración), de tal modo que la intensidad [momento] de su velocidad vaya aumentando, después de haber partido del reposo según aquella simplicísima proporción con la que aumenta la continuación del tiempo, que es lo mismo que decir que en tiempos iguales el móvil recibe iguales incrementos de velocidad” (Galilei, 1638).



2.3.4 Concepción de fuerza. Atracción gravitacional

El interés por el estudio de la interacción de los cuerpos en inmediaciones de la tierra se remonta a los inicios de la civilización humana, el cual ha sido aportante en el conocimiento científico de este fenómeno; sin embargo, las concepciones se han transformado y hecho robustas con el pasar del tiempo, en el sentido en que el constructo teórico actual contempla más consideraciones que las teorías que le precedieron y da lugar al estudiante para asumir una postura frente a algunas construcciones físicas.

El asumir el peso como la reacción que se da entre cuerpos, implica necesariamente la existencia mínima de dos masas que interactúan entre sí, en donde se considera a la fuerza como resultado de la interacción, contrario a la idea de fuerza como entidad perteneciente a un cuerpo que conlleva a que se asuma la tierra como la poseedora de la atracción gravitacional y por tanto dificulta la explicación de ciertas situaciones físicas como el considerar la idea del peso en un cuerpo el cual es el único existente en el universo, ya que si la fuerza es inherente a éste, su peso será constante en cualquier lugar del espacio en la medida que su masa se mantenga.

Entre 1685 y 1687, el físico, filósofo y matemático inglés Isaac Newton publicó en su obra *philosophiae naturalis principia mathematica* su teoría de la gravitación universal al darle un dimensión cuantitativa y enunciar que: "*dos cuerpos cualesquiera se atraen a*



razón directa del producto de sus masas, y en razón inversa del cuadrado de la distancia que los separa" (Hewitt, 2007). Mediante este enunciado Newton logra explicar las leyes del movimiento de los astros, las leyes enunciadas por Kepler, la caída de los cuerpos sobre la superficie terrestre y el problema de las mareas, todas fundamentadas a partir de cuatro magnitudes físicas: el tiempo (t), el espacio (s), la masa (m) y *el impulso o cantidad de movimiento definido como el producto de la masa por la velocidad (mv)*, apoyándose además de cuatro principios que considera fundamentales: *la inercia*, la cual establece que un cuerpo sobre el cual no actúa ninguna fuerza exterior, conserva el estado de reposo o movimiento uniforme en que se encuentra, *la proporcionalidad entre fuerza y aceleración* que dice que la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es igual al producto de su masa por su aceleración, *acción reacción* que enuncia que siempre que dos cuerpos interaccionan, la fuerza ejercida es igual en magnitud pero contraria en dirección de uno respecto al otro, y *el de la conservación del impulso* la cual enuncia que en ausencia de fuerzas externas, la suma de los impulsos de dos cuerpos permanece constante (Dóriga, 1985). Mediante estos principios Newton logró en su momento dar una visión coherente y unificada de los fenómenos celestes y terrestres observados.

2.3.5 La fuerza como interacción

Consideraremos el estudio de los *Principia* como una parte fundamental donde puede identificarse la manera de conceptualizar del teórico.

Uno de los planteamientos iniciales de Newton (1687) presenta a la fuerza como la acción ejercida sobre un cuerpo, ya sea un golpe, una presión o la fuerza centrípeta, que



cambia su estado de reposo o movimiento y que no permanece en el cuerpo después de recibirla porque la permanencia en su nuevo estado se debe sólo a la inercia; de este modo la fuerza es entendida como una interacción, y se requiere de dos cuerpos para que sea producida en tanto que un objeto no puede ser acelerado de la nada, o cambiar su estado de movimiento mientras no exista otro que lo afecte.

El objeto de esta investigación respecto a la fuerza es entenderla como una interacción que no requiere de contacto directo entre los cuerpos; y al respecto Newton nos deja interpretar entre líneas de su obra que cada partícula en el universo atrae otra partícula a lo largo de una línea recta formada entre sus centros con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. De lo que se puede inferir que la fuerza es inherente a los cuerpos, y actúa a distancia; de la misma manera, en otras definiciones se expresa que la *fuerza innata* de la materia es una capacidad de resistir por la que cualquier cuerpo, persevera en *su* estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo (Newton, 1687, p.122), esto nos muestra, al hablar de “la fuerza innata” y de que este “persevera en *su* estado”, que las asume como propiedades intrínsecas, tanto la fuerza como el estado del cuerpo respecto a su movimiento al cual le atribuye animidad por sí mismo. De un modo particular, entonces con respecto a la tierra, ella es la que posee la fuerza con la cual los objetos permanecen sobre su superficie, este punto de vista también es apoyado por el teórico cuando plantea que:

“[...] se puede deducir también la proporción entre una fuerza centrípeta y otra fuerza cualquiera conocida, tal como la de la gravedad, pues si un cuerpo gira en



círculo concéntrico a la Tierra por la fuerza de su gravedad, esta gravedad es la fuerza centrípeta del mismo” (Newton, 1687, p.181).

Es evidente que esta conceptualización se atañe a la tierra por su gran tamaño, ser la causante de la fuerza atracción en un cuerpo que gira alrededor de ella, esto se debe a *la fuerza de su propia gravedad*, por la cual los cuerpos tienden a su centro (Newton, 1687, p.123), En este razonamiento toda masa puede considerarse en su centro de simetría como una masa puntual, centro al que se le ha denominado centro de atracción, independientemente de la distribución de su densidad.

Posterior a Newton surgen más contribuciones que han dado pie a diversas representaciones más elaboradas que están incluidas en los planes de estudio, dotando a los conceptos de aceleración de gravedad y fuerza gravitacional con un carácter de pilares fundamentales a la hora de la enseñanza de una gran variedad de fenómenos y estudios científicos.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Capítulo 3. Marco Metodológico

3.1 Caracterización de la investigación

De acuerdo con los objetivos planteados y los intereses de los investigadores, esta investigación se desarrolla con un enfoque cualitativo en la que tanto los casos, que en adelante llamaremos informantes, como el contexto donde se desenvuelven, desempeñan un papel trascendental, el objeto de estudio en esta investigación se centra en los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad. Dado que el interés no está en los informantes sino en la comprensión de estos conceptos, esta investigación se desarrolló mediante un estudio de caso instrumental (Stake, 1998).

Sumado a lo anterior, el intento por comprender cómo los casos dan significación a estos conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, y de construir una ruta de significación con los aportes de Newton y Galileo, justifica el enfoque dado a esta investigación, lo cual concuerda con los planteamientos de Hernández (2006) al considerar que este se centra en explorar de manera reflexiva la forma cómo los participantes conciben subjetivamente su realidad, mediante la observación y diversos tipos de herramientas para la obtención de información.

3.2 Contexto de investigación

Esta investigación se realizó en la Institución educativa Comercial de Envigado ubicada en el sector de la Mina del municipio de Envigado Antioquia, ofrece formación en el nivel preescolar, básica primaria, secundaria y media en jornada única en un horario de



7:00 am a 3:00 pm, cuenta con dos escuelas anexas y una población aproximada de 2600 estudiantes y 100 personas entre directivos, docentes y administrativos, dotada de aulas de tecnología básica y con herramientas didácticas que facilitan el acceso a la información y la relación maestro estudiante, cuenta con aula/laboratorio de física y aula/taller de matemáticas especializada, este andamiaje con el propósito de responder a los retos y necesidades sociales que se presentan en la actualidad para inculcar en los estudiantes la vocación empresarial, el énfasis investigativo y los valores ciudadanos.

3.3 Informantes y criterios de selección

Para este estudio se seleccionaron cuatro (4) informantes, con edades entre 16 y 18 años, dos hombres y dos mujeres que pertenecían al grado décimo (10) de la Institución Educativa Comercial de Envigado; quienes se caracterizaron por la calidad de las preguntas que formularon en clases, lo que evidenció la habilidad que poseen para verbalizar sus sensaciones, cualidad que permitió la comunicación fluida y la interpretación de sus expresiones; responsables en los deberes encomendados, pues se hacían confiables en asumir su rol de instrumentos para cumplir con los compromisos asignados por los investigadores; con asistencia constante a la institución y con disponibilidad para realizarles entrevistas, cuestionarios, y entablar discusiones. Características que a beneficio de la investigación permitieron una recolección eficaz de la información ya que con el mínimo de recursos y las limitaciones de tiempo propias de la institución educativa, cada encuentro académico arrojó información determinante y suficiente a fin de cumplir los objetivos de ésta investigación.



3.4 Recolección de la información

Con el propósito de llegar a reconocer las visiones múltiples de los informantes en la recolección de la información el principal instrumento de recolección fueron los propios investigadores (Hernández, 2006, p.410). Como métodos se destaca la observación y las entrevistas que permitieron un diálogo flexible y abierto donde se logró una comunicación que condujo a la construcción de significaciones en torno a los conceptos estudiados como lo propone Janesick (1998), se orientaron sesiones y se llevó a cabo la revisión de documentos, además se utilizaron grabaciones de audio, vídeos, y los diarios de campo que según Sampieri permiten no solo recordar las situaciones sino también, interpretar alguna vivencias (2010), posteriormente se materializa un montaje experimental y cuestionarios en formatos impreso y digital, los cuales desde el principio fueron contruidos en un proceso de discusión dialógica, con la idea de armonizar las preguntas conforme a los requerimientos de la investigación; estos consistieron en protocolos entrevista que involucran diversos interrogantes, donde la experimentación mental jugó un papel importante en las representaciones de los modelos explicativos de los casos, al destacar la relevancia que igualmente tuvo en las construcciones teóricas en personajes como Galileo o Newton y que aún tienen en la creación de nuevas teorías como posibles tentativas para explicar y entender el mundo.

Por lo anterior, el objetivo de los instrumentos se centró principalmente en reconocer las interpretaciones propias de los estudiantes concernientes a los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad y así mismo las preguntas se diseñaron cerradas, abiertas, generales y de situaciones específicas donde se involucran los



conceptos, para que los casos pudieran expresarse de manera cómoda y fluida al ser valorados en sus formas individuales de argumentar, en este sentido el diario de campo fue de gran beneficio para el desarrollo de la investigación convirtiéndose en herramienta de seguimiento y registro durante la práctica pedagógica para en el proceso de conceptualización de los informantes; lo cual dio paso al planteamiento de condiciones hipotéticas y a la modificación de algunas situaciones problemáticas propuestas por diferentes libros de texto de Física, que se plasmaron en los cuestionarios y de manera simultánea se analizaron las formas como los estudiantes se relacionan con el conocimiento así como aquellos aspectos que en el estudio de los fenómenos físicos les generaron dudas conceptuales o algún tipo de movilización para comprenderlos de modos distintos.

Es por esto, que finalmente se propuso la experimentación física con el lanzamiento de esferas de distintas masas en caída libre y a través de planos inclinados, experimento ejecutado por Galileo Galilei y propuesto a los casos, en el que se pudo analizar las propiedades equivalentes de los movimientos, a partir del cual los casos ampliaron sus puntos de vista iniciales originados desde los experimentos mentales.

Este proceso se dio a lo largo de un año lectivo escolar durante 9 horas a la semana, a lo largo de cuatro encuentros académicos extracurriculares de dos horas cada uno, donde se resolvieron los protocolos entrevista, se desarrolló la experiencia de laboratorio y se precisaron verbalmente algunas consideraciones que enriquecieron las respuestas dadas por los informantes en los cuestionarios.



3.5. Sistematización de la información.

La información recogida y seleccionada para el análisis es el resultado de la observación del grupo de investigadores, que al tener miradas desde varias perspectivas evitó que se cayera en sesgos personales. Con el propósito de que el análisis de la información recolectada fuera efectivo, todos los datos recogidos se organizan recuperando de ellos las categorías que según Hernández se “construyen comparando datos y resultan de conceptos, experiencias, ideas, hechos relevantes y con significado que guardan una relación estrecha con los datos (2010, p. 452); éstas por sí mismas dan información precisa de lo que el otro está diciendo acerca del objeto de estudio. Las categorías a priori surgen al tiempo que se construyen los instrumentos de recolección, como lo son los protocolos entrevistas, el diario de campo, grabaciones de audio, entre otros; y las categorías emergentes son producto de los hallazgos que no se presupuestaron para la investigación y son relevantes al momento de interpretar cómo comprenden los informantes los conceptos que son objeto de análisis.

A cada categoría se le ha asignado un código que hace viable identificarlas al momento de comparar las unidades de análisis y buscar la reincidencia en las afirmaciones de los mismos (Hernández, 2010, p. 448). Contar con unas categorías definidas y un código asignado a cada una de ellas hace posible analizar la información recolectada por líneas y clasificarla en una matriz de doble entrada, que es una de varias técnicas de organizar la información y con la que podemos leer, e inferir buenas interpretaciones. Por rentabilidad en el análisis los investigadores optaron por asignar a las filas las preguntas que fueron formuladas en cada uno de los instrumentos aplicados y a las columnas los informantes.



Esta técnica permite hacer un análisis detallado de las interpretaciones de cada informante o bien, conjunta respecto a cada pregunta. De la reincidencia en las categorías por columnas es posible inferir el aserto (la manera como creemos que comprende el informante) particular respecto a un concepto, y cuando se analizan las filas se deduce de ellas la comprensión del conjunto de informantes a una pregunta específica; lo que hace la aseveración más profunda y concluyente.

3.6. Análisis de la información

La recolección y el análisis de los datos ocurrieron de forma simultánea, en ella se obtuvo información no estructurada, que en el complejo y continuo proceso de interpretación se le dio una estructura. Debido a que esta fue muy variada, su tratamiento consistió en darle sentido en el marco del planteamiento del problema; sin embargo, de común acuerdo, se consideró que las interpretaciones realizadas podrían diferir de las que realicen otros investigadores; sin querer decir que una sea mejor que otra, ya que estas se llevan a cabo desde diversas perspectivas obedeciendo a las intencionalidades específicas de cada búsqueda.

Lo anterior se apoya en el planteamiento de Hernández (2010) en lo referente al análisis detallado de los datos de la investigación cualitativa, al dejar claro que en su desarrollo el modo particular de analizarlos siempre varía teniendo en cuenta los intereses implicados en el diseño del procedimiento escogido en la investigación (p. 444).

En la organización y preparación de los datos se empleó la revisión de audios, videos, transcripción de los protocolos-entrevista, de expresiones verbales, así también



como de los Diarios de Campo que fueron un producto de gran valor en el registro de nuestras reflexiones y además en la documentación en el procedimiento de análisis.

Los criterios establecidos para ordenar la información, se plantearon teniendo en cuenta las problemáticas inicialmente mencionadas que motivaron el presente trabajo, donde se consideraron categorías previas y posteriores a las unidades de análisis, igualmente se tuvo en cuenta el orden cronológico en la implementación de los instrumentos ya que estos abordaron temáticas específicas acerca de la fuerza gravitacional, la aceleración de gravedad y la gravedad. Estas unidades fueron el vehículo para ver significados que derivaron en asertos tanto de los casos, como de las preguntas.

La categorización, la cual fue relacionada con las teorías planteadas por Galileo y Newton, permitió sintetizar la información para luego realizar una triangulación entre estos autores, los investigadores y las nociones de tipo conceptual que evidenciaron los casos desde su forma de comprender, lo que ha requerido un análisis exhaustivo del lenguaje por las palabras y frases utilizadas por cada informante, para caracterizar sus modelos explicativos. Pero hasta este punto aún no se ha interpretado el significado subyacente a la forma en que se clasificaron los datos. Al respecto, se podrá evidenciar en el próximo capítulo de hallazgos la conceptualización construida mediante la articulación de las representaciones dadas por los protagonistas de esta investigación.

En el Capítulo Anexos están incluidos los protocolos entrevista que se implementaron en la recolección de la información.



Capítulo 4. Hallazgos

Acorde con la intención de conocer y clasificar las interpretaciones de los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad se establecen categorías tanto a priori como emergentes que a lo largo de la investigación dan cuenta de las conceptualizaciones de los participantes. Dicha categorización permite además acceder de forma ordenada a la información recogida y estudiarla de manera sintetizada.

Por lo tanto este capítulo se estructura a partir de seis categorías, en las que el análisis hecho a los instrumentos se realizó por líneas y palabras, proceso que permite resaltar reiteraciones en las respuestas de los participantes que obedecen a sus distintas formas de significar los conceptos, las cuales se exponen a continuación:

La fuerza gravitacional como una propiedad intrínseca de los cuerpos, lo que evidencia planteamientos donde se asume el peso o la gravedad como propios de los cuerpos, y la idea de que la fuerza gravitacional es una característica producto de otro cuerpo.

Un centro es el causante de la fuerza gravitacional, en cuyo análisis se revela que la fuerza gravitacional se le atribuye al centro de la tierra o a cualquier otro centro como al del sistema solar.

Por su parte la categoría: *Indistinción entre fuerza gravitacional y gravedad*, deja ver la tendencia a describir la aceleración de gravedad como una fuerza o viceversa.



Cabe decir que estas categorías hasta ahora mencionadas tienen relación con algunas situaciones problemáticas que motivaron la presente investigación; por otro lado, han surgido categorías que si bien están relacionadas con las primeras, podrían considerarse emergentes puesto que no fueron previstas al aplicar los instrumentos de recolección de datos y surgieron en el transcurso de la investigación, las cuales son:

La fuerza gravitacional es producto de la interacción entre cuerpos, donde se destacan interpretaciones como: la fuerza de atracción gravitacional es proporcional a la masa o a la distancia.

La gravedad es la magnitud de la aceleración constante con la cual un cuerpo se precipita hacia otro. Que es poseedor de la fuerza y la aceleración y por último La aceleración de gravedad que experimenta un cuerpo en caída libre no es independiente de su masa, donde se resalta que la aceleración de la caída de los cuerpos en inmediaciones de la tierra varía debido a la magnitud de sus masas.

A continuación se ponen en diálogo las significaciones de los cuatro (4) informantes, en adelante llamados (I1), (I2), (I3), (I4), con las de los teóricos, para llegar finalmente a la resignificación de los conceptos en el contexto educativo antes descrito, asimismo en sus líneas se hace uso de los corchetes ([]) como símbolo para introducir expresiones de los investigadores con el propósito de tener mayor claridad en el discurso basados en el contexto en el que surgieron dichos argumentos.



4.1 la fuerza gravitacional como una propiedad intrínseca de los cuerpos

En relación con la fuerza gravitacional todos los informantes coincidieron en afirmar que esta es la causa que hace que los objetos y el hombre mismo se mantengan sobre la superficie terrestre; en palabras de uno de ellos, esta fuerza “es un poder de atracción que nos mantiene unidos a un lugar” (I2), considerar que en algunos planetas la gravedad es más fuerte (I4) afianza la idea de que la fuerza es una propiedad inherente a algunos objetos masivos, como estrellas, planetas, satélites naturales o asteroides de gran tamaño. Isaac Newton difiere de esta concepción cuando propone en sus postulados que la fuerza de atracción se da entre dos cuerpos dotados de masa, y tal fuerza es mayor cuando los cuerpos son contiguos y decrece a medida que se separan en una razón mayor al cuadrado de las distancias (Newton, 1687), esta afirmación permite inferir que la fuerza es producto de la interacción y solo tiene sentido hablar de ella cuando se encuentran en juego dos o más masas.

Al respecto se formularon situaciones que derivaron la experimentación mental, que según Aguilar “es un método para construir, validar, profundizar y contrastar teorías o explicaciones. [...] que puede ser asumido como una acción de pensamiento donde se valoriza la experiencia la cual se constituye en un recurso de la imaginación que permite crear o visualizar mundos posibles” (2011, p. 3), lo que facilita dilucidar las formas de comprender el universo que los informantes han construido desde sus observaciones y formación académica, en este orden de ideas, se propuso un contexto en el que un



astronauta se encuentra en el vacío, situación que permite el interrogante: “¿cómo crees que será la fuerza gravitacional que experimenta?”, en lo que coinciden (I1) e (I3) al afirmar que “no sentiría fuerza gravitacional porque no hay cuerpos que lo atraigan”, también otro de los informantes asegura que “no sentirá fuerza gravitacional [...] porque no hay nada que lo atraiga, así como la tierra atrae las cosas” (I4). Encontrar que desde diferentes situaciones se les otorgue a algunos cuerpos la característica de poseer una fuerza propia que actúa sobre los objetos ubicados en sus inmediaciones da lugar a preguntar por lo que sucede cuando dos cuerpos con características similares interactúan en un universo donde nada más interfiere, y de sus palabras se obtiene que “la fuerza de atracción es igual, por lo tanto no van a atraerse” (I2) donde se entiende que las fuerzas se anulan, en tanto se le delega a cada una de las masas la cualidad de la fuerza.

La concepción de que la fuerza sea propia de algunas masas puede inferirse de la afirmación de Newton al decir que la gravedad es del tipo de “la fuerza centrípeta donde los cuerpos son atraídos, o empujados, o de algún modo tienden a un punto como a un centro [...] de esta clase es la fuerza de gravedad por la que los cuerpos tienden al centro de la tierra” (1687, p. 123), de acuerdo con lo anterior se puede interpretar que la fuerza gravitacional se origina en el centro de masa de los cuerpos masivos y actúa sobre los objetos que se encuentran en sus inmediaciones en lugar de considerarse una interacción.

4.2 Un centro es el causante de la fuerza gravitacional.

Los argumentos dados por los participantes de esta investigación ante preguntas que involucran la fuerza de atracción gravitacional confirman la idea en la que se le



atribuye a un centro propiedades gravitatorias, ya sea el centro de la tierra, la luna, el sol o cualquier otro, es decir, se evidencia que un centro es asumido como la fuente de la gravedad. Esto se evidencia cuando se expresa que “El centro de la tierra atrae al cuerpo” (I1), pero, ¿por qué los participantes dirigen su atención al centro de la tierra o algún otro centro para explicar la causa de la fuerza gravitacional? Al respecto Camino, (2005) señala que esta tendencia ocurre porque en la enseñanza se suele representar la tierra como el modelo de partícula, al dibujar en este punto todas las reacciones, esto conlleva a dar respuestas que relacionan ciertas propiedades atribuidas a ese centro con la causa de la gravedad.

El modelo de partícula es consecuencia de una de las interpretaciones dadas a la demostración planteada por Newton (1686) referida a *la atracción gravitatoria de una gran esfera* realizada en su célebre libro *Los Principia*, donde la masa de todo cuerpo extenso puede considerarse en su centro de simetría indiferentemente de la forma particular en que la densidad varía entre el centro y la superficie, a este centro simétrico se le denomina centro de atracción y permite calcular la gravedad en cualquier punto del espacio (Hewitt, 2007); en muchas ocasiones, afirmaciones como la anterior, pueden dar a entender que este centro es el contenedor de la gravedad y por tanto el causante de la misma, por lo cual es apropiado decir que esta demostración asume a la esfera como un conjunto de finas capas esféricas concéntricas, y dado que el efecto de gravitación de una capa individual se puede obtener si se trata como un conjunto de zonas esféricas, la atracción de todas las partes del cuerpo se compensa de tal manera que, para todos los efectos, esta se comporta como si toda la masa estuviera concentrada en el centro (French, 1974).



Es posible establecer una correspondencia entre esta situación problemática estudiada por Camino (2006), Galili (1993) y otros, con algunos argumentos de los participantes, cuando mencionan por ejemplo: que “sin importar cómo se mueva [un objeto] la tierra lo está atrayendo hacia su centro [geométrico]” (I2).

Otra justificación asociada a esta concepción es mencionada por el informante 3 al expresar que “uno puede ver que caen al centro de la tierra”; si bien todos los objetos cuando caen parecen dirigirse hacia el centro de la tierra, esto no deja de ser consecuencia de la experiencia aportada por nuestros sentidos, que pueden, en muchas ocasiones, entrar en contradicción con los consensos establecidos como científicamente válidos (Dibar y Pérez, 2007), lo que conlleva a atribuir a este centro características especiales que no posee, como lo demostró Newton (1686) al estudiar las interacciones gravitatorias de una esfera de gran tamaño en relación con otra de menor tamaño, como por ejemplo la Tierra y la Luna, donde estableció que dicha atracción no depende del radio de la esfera ni de su centro en sí, sino que es consecuencia de la ley de la fuerza inversa del cuadrado entre ellas. Se evidencia una interacción entre dos cuerpos cualesquiera que se consideren y por tanto muestra claramente la dirección de caída de dichos cuerpos (French, 1974).

Es adecuado precisar que las demostraciones de Newton, concernientes a este ejemplo, consideran la tierra de manera sólida y se realizan mediante el uso del cálculo diferencial para finalmente establecer dichos resultados, pero su idea principal puede explicarse de manera sencilla al simplificar la estructura de la tierra y suponer que se tiene un conjunto de objetos ubicados de manera que formen una circunferencia, al ubicar además un objeto que cae hacia esta tierra simplificada (Figura 4. 4.1), se puede observar que todos los cuerpos de la circunferencia situados simétricamente a ambos lados del



objetos experimentan la misma interacción con este, y arrojan como resultado que el cuerpo se mueva en la dirección que precisamente se dirige hacia el centro.

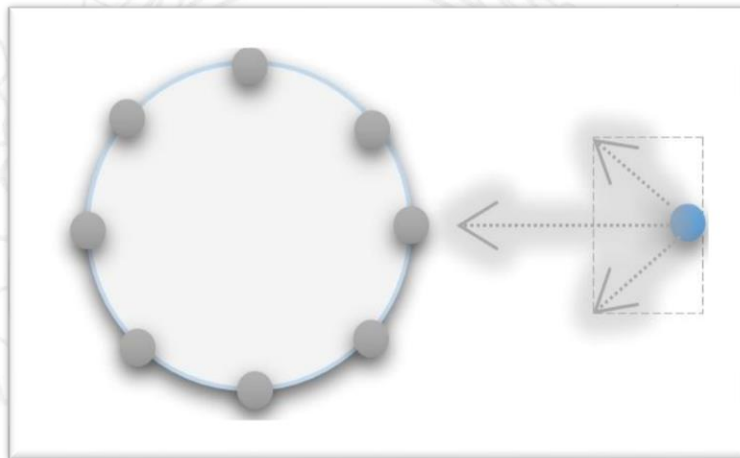


Figura 4. 2.1

Dicho de otro modo, de la suposición de que todos los cuerpos interactúan entre sí, se puede deducir una propiedad de la dirección de caída de los cuerpos.

4.3 Indistinción entre fuerza gravitacional y aceleración de gravedad.

Al analizar los fenómenos físicos propuestos, en esta investigación se pudo evidenciar lo reiterativo que resultaba para los informantes, referirse a los conceptos de *fuerza gravitacional* y *aceleración de gravedad* de manera indistinta. Al respecto se resalta que la “*gravedad*” es la expresión más frecuente para conceptualizarlos como sinónimos. Esta situación se constata en argumentos como: “La gravedad [es un] factor que incide en la caída de los cuerpos.” (I1) y “El tamaño de los planetas tiende a variar la



gravedad.” (I3) aquí puede notarse cómo dicha palabra es usada para dar cuenta de distintos conceptos físicos, sin precisar claramente si hace alusión a una fuerza o a una aceleración. Es decir, en la primera frase podría reemplazarse, sin ninguna dificultad, la palabra “gravedad” y colocarse de la siguiente manera: La *fuerza gravitacional* es un factor que incide en la caída de los cuerpos o la *aceleración de gravedad* es un factor que incide en la caída de los cuerpos; igualmente, en la segunda frase se tendría que el tamaño de los planetas tiende a variar la *fuerza gravitacional* o el tamaño de los planetas tiende a variar la *aceleración de gravedad*.

Si bien los investigadores asumen que en la interacción de los cuerpos el peso, que es sinónimo a la fuerza gravitacional (en inmediación de la superficie terrestre), es la causa de la aceleración de gravedad, los enunciados de los informantes muestran cómo estos conceptos son asumidos de manera indistinta. Complementario a lo anterior, otros informantes argumentan que “la gravedad hace que todos los cuerpos estén firmes sobre la tierra.” (I4) y luego este reitera que para él “la gravedad y la fuerza gravitacional son lo mismo.” (I4), es por ello que reorienta su respuesta inicial cuando se le pregunta *¿a qué le atribuyes que los objetos cotidianos y nosotros mismos, permanezcamos sobre la superficie de la tierra?*, al expresar: “A la gravedad [...] -Se queda en silencio y luego continúa diciendo- porque esta fuerza hace que [...]”. Esto muestra cómo intercambia ambos términos con facilidad. Por lo anterior, los investigadores concuerdan con algunos planteamientos de Galili (1997), respecto al concepto de peso, que al ser empleado por las personas, este engloba una variedad de significados al analizar situaciones físicas en las cuales existen múltiples relaciones ya sea con la presión, la masa e incluso con la aceleración en la caída de los cuerpos; en cuanto a esta última, Dibar y Pérez estiman que



es fundamental examinar en detalle los términos utilizados en los planteamientos y explicaciones de los estudiantes (2007); porque a falta de ello, lejos de ser un tema resuelto, dicho concepto sigue hoy en el centro del escenario escolar sin generar movilización en el pensamiento de los estudiantes y sin alcanzar claridad en tales aspectos cuando es abordado en situaciones físicas que lo involucran.

Contrario a lo anterior, otro informante (I2) señala que hay diferencia en los conceptos cuando dice que estos “son conceptos diferentes, ya que la gravedad es un factor que se emplea para poder medir la fuerza gravitacional.”; no obstante, afirma que “la gravedad hace que todo se mantenga en su lugar.” y agrega que “[...] la fuerza gravitacional nos mantiene unidos a la superficie terrestre.” (I2); aunque ambas no dicen exactamente lo mismo, no se requiere de un análisis profundo para entender que en la primera proposición al referirse a “*que todo se mantenga en su lugar*” hace alusión al hecho de “*mantenerse unidos a la superficie de la tierra*”, “impidiendo que las cosas salgan volando por doquier” (I2); se resalta entonces la reincidencia en el intercambio de palabras al ampliar los argumentos propios de cada uno, en el que más allá de dar respuestas desde las relación coexistente entre estos conceptos, se presenta un uso indiscriminado de los mismos.

En relación con lo mencionado, Newton (1687) al respecto plantea que dos cuerpos al ser atraídos mutuamente, vienen a ser como si no se atrajesen entre sí, sino que más bien fuesen atraídos por un tercer cuerpo posicionado en el centro común [...] - que según este mismo autor denomina- “[...] de gravedad”; en tal sentido, al considerar la



existencia de este “*centro común de gravedad*”, por un lado, no se precisa a cuál de los dos conceptos hace referencia ya sea a la fuerza o a la aceleración, y por otro así mismo se puede ver que la “*gravedad*” a la cual el autor hace referencia tendría existencia en sí misma al encontrarse en ese centro, lo que induce a concebirlo como la causa primaria que origina las interacciones.

A juicio de los investigadores, estas consideraciones señalan que en el contexto de la enseñanza es necesario tener cuidado a la hora de abordar el centro común de atracción o centro común de *gravedad* al cual las masas interactuantes son atraídas. Por lo que al dar solución a problemas relacionados con la caída de los cuerpos y responder a las preguntas que ya hemos planteado, según los resultados de esta investigación, las respuestas más usuales son que los cuerpos caen hacia el centro de la tierra, y su causa es atribuida a la gravedad; porque “sin importar cómo se mueve la tierra los está atrayendo hacia su centro.” (I2).

4.4 La fuerza gravitacional como producto de la interacción entre cuerpos

En razonamientos hechos por los informantes ante preguntas que involucran la interacción entre cuerpos de gran tamaño como lo son los cuerpos celestes, se evidencia de manera reiterada la importancia que se le atribuye a las variaciones tanto de las masas como de la distancia entre ellas, al igual que su incidencia en los fenómenos físicos que tienen lugar al estudiar los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad; algunas expresiones como, “la fuerza depende de la masa, entonces mientras más masa el cuerpo



será más pesado” (I2) , “La fuerza variará de acuerdo a la distancia entre los planetas” (I3), plantean una relación de dependencia entre las magnitudes masa y distancia.

Tal como se ha mencionado, en esta investigación, peso es equivalente a fuerza gravitacional por tanto los investigadores entienden la palabra “pesado” en la expresión del Informante dos como mayor interacción entre los cuerpos, es decir mayor fuerza gravitacional.

Este interés por la relación de magnitudes que según Dibar y Pérez empieza a inquietar al estudiante a partir de sus sentidos (2007), no escapó a las reflexiones de Newton en torno al movimiento de los cuerpos celestes, quien realizó observaciones y cálculos con la finalidad de describirlos, para finalmente argumentar que:

“si se deduce universalmente, mediante experimentos y observaciones astronómicas, que todos los cuerpos que están alrededor de la tierra gravitan hacia la tierra... proporcionalmente a la cantidad de materia que realmente poseen; que de igual manera la luna.... gravita hacia la tierra...y todos los planetas gravitan entre sí; y los cometas en cierta manera hacia el sol; debemos como consecuencia de esta regla, deducir universalmente que todos los cuerpos, cualesquiera que sean, están dotados de un principio de gravitación mutua” (French, 1974, p 246).

Esta premisa, sugiere un interés por la masa como concepto estructurante en el movimiento de los cuerpos, lo cual da relevancia a las proporciones como factor que incide en los fenómenos de atracción manifiestos en el cielo y que son generalizados a todos los cuerpos.



Por su parte Galileo, también notó que existía una acción recíproca entre los cuerpos celestes que ameritaba investigación, cuando realizaba observaciones con su telescopio. Al respecto expresa:

En el séptimo día de enero del presente año, de 1610, a primera hora de la noche, cuando miraba a los cuerpos celestes con el telescopio, Júpiter se presentó ante mí, y....Percibí que al lado del planeta había tres pequeñas estrellitas, pequeñas, pero muy brillantes. Aunque creí que pertenecían a la multitud de las estrellas fijas, atrajeron mi curiosidad porque parecían moverse sobre una línea recta exactamente paralela a la eclíptica... No presté atención a las distancias entre ellas y Júpiter, pues al comienzo yo las creía estrellas fijas, como ya he dicho. Pero volviendo a la misma investigación el día ocho de enero —guiado por qué, no lo sé— encontré una disposición muy diferente...He decidido ahora [11 de enero], por encima de cualquier duda que hubiera, que las tres estrellas celestes vagan alrededor de Júpiter como Venus y Mercurio lo hacen alrededor del Sol... No fueron justamente tres tales estrellas; cuatro viajeros completan sus revoluciones alrededor de Júpiter... También he medido la distancia entre ellos con el telescopio... Además he apuntado los tiempos de observación y las revoluciones de estos planetas son tan rápidas que normalmente es posible medir las variaciones aún de hora en hora (1610, p.17).

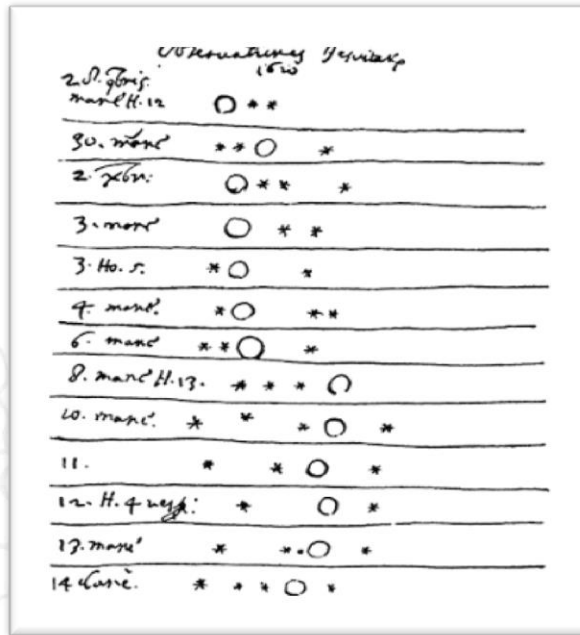


Figura 4.4.1 (Dibujo de Júpiter y sus Lunas, diseño realizado por Galileo en Tratado Sidereus Nuncius, p. 17).

En este sentido es importante destacar que dentro de las apreciaciones de Galileo, la distancia entre cuerpos es un factor relevante para la interacción, y gracias a esto pudo notar que los cuerpos de menor tamaño orbitan alrededor de los más grandes, tal como lo expuso en su razonamiento al mencionar por ejemplo el Sol en relación con Mercurio y Venus.

Por consiguiente puede establecerse que la forma de los informantes significar fuerza gravitacional, coincide con las consideraciones planteadas por Newton y Galileo, en la medida en que las magnitudes de masa y de distancia son relevantes para la interacción de los cuerpos, o lo que es equivalente a decir que; la magnitud de la fuerza gravitacional depende de las masas y la distancia a la cual se encuentran estas; para lo cual se establece una relación directamente proporcional entre el producto de las masas e inversamente



proporcional a la distancia, lo que posteriormente se conoció como proporción inversa al cuadrado de la distancia entre sus centros de masa o radio.

4.5 La gravedad como la magnitud de la aceleración constante con la cual un cuerpo se precipita hacia otro

Para Galileo (1976) la mejor forma de describir la caída de los cuerpos es la aceleración uniforme, argumenta que los cuerpos al partir desde el reposo adquieren en tiempos iguales, iguales incrementos de rapidez; además cada intervalo de tiempo, por corto que sea, está compuesto de infinitos instantes en los que la velocidad registrada es diferente para cada uno de ellos. Al respecto el informante 2 dice que “las cosas cuando están cayendo cada vez lo hacen más rápido” (I2) aseveración acorde a las teorías de Galileo, no obstante, cuando el escenario planteado está dado por masas diferentes que se dejan caer desde la misma altura, el mismo informante responde: “la gravedad puede ser la velocidad con que caen los cuerpos, y sin importar la masa todos van a caer al mismo tiempo” (I2), en este enunciado se puede interpretar como el movimiento de caída de los cuerpos está asociado a una velocidad. Sobre esta manera de asumir el movimiento de caída, es importante percatarse que si esto fuera posible y si se lanzara un cuerpo hacia arriba se obtendría un movimiento perpetuo ya que su velocidad nunca cesaría al ser constante.

De la misma manera, pensar la experiencia en otro lugar como la luna, altera la magnitud de los conceptos en cuestión; en la luna “la fuerza es más poca y la velocidad es más poca” (I2), y reitera que algunos cuerpos son poseedores de una fuerza de atracción,



cualidad que lo dota de una velocidad particular manifiesta en los objetos que se precipitan al objeto de referencia. Para I3, hacer el experimento en la luna implica que los cuerpos “caigan más despacio porque la luna tienen menos gravedad. [...] sin importar la masa de los cuerpos siempre caerán al mismo tiempo”; el encuentro con las dicotomías de fuerza de atracción gravitacional como propia de los cuerpos o resultado de la interacción entre ellos y la gravedad como velocidad constante o aceleración constante en las inmediaciones de un cuerpo, hacen necesario resignificar los conceptos para formular precisiones que permitan la claridad que demandan.

Al recrear los planos inclinados descritos por Galileo (1976), y dejar caer cuerpos en ellos, se obtienen afirmaciones por parte de los informantes como la “aceleración puede cambiar debido a su peso y su masa”(I3), mientras que el informante 1 dice que “ya que unas esferas son más pesadas y de otro tamaño, por ello algunas de ellas llegan de forma más rápida” (I1); en contraste al analizar los escritos de Galileo (1976) sobre planos inclinados, dice que la experiencia es suficiente para concluir que la aceleración gravitacional es constante para los cuerpos que, al tener como punto de referencia la tierra se precipitan hacia ella, evento que no depende de la masa del cuerpo. En este sentido, se puede decir que cuando se liberan dos objetos de diferente masa a una misma altura, considerar que la aceleración es proporcional a la masa, induce un evento paradójico que se desvirtúa frente a la realidad, y consiste en dejar caer los objetos uno sobre el otro de tal manera que el menos masivo esté por debajo, entonces tal situación retrasara el movimiento del sistema, pero si se piensa los objetos como uno solo, al estar juntos la aceleración de caída (aceleración gravitacional) será mayor, de la experimentación cuando se liberan



simultáneamente se verifica que sin importar la masa de los cuerpos siempre caerán al mismo tiempo, entonces la naturaleza del movimiento es una aceleración con la misma magnitud.

4.6 La aceleración de gravedad que experimenta un cuerpo en caída libre no es independiente de su masa.

Al hacer referencia al lanzamiento de esferas de distintos tamaños en caída libre y sobre planos con distintos ángulos de inclinación, es importante destacar las características particulares de este tipo de movimiento. Cada sujeto por su experiencia de vida y su carga teórica posee formas de entender el mundo, así mismo como de comprender y representar los fenómenos físicos. Al respecto varios informantes plantean que al lanzar esferas desde una misma altura, debido a “que unas [...] son más pesadas y [también por su] tamaño, algunas llegan de forma más rápida [al suelo]” (I1), esta postura sugiere que la aceleración de gravedad es variable, lo que puede ser motivo de discusión con otros planteamientos donde “la aceleración de la gravedad, se relaciona con la masa de los cuerpos.” (I3) pero en el sentido contrario, donde “a menor masa puede haber más aceleración” (I3), de manera que para este caso se asume el concepto como la *cantidad de movimiento* el cual es igual a cero para dos esferas lanzadas desde el reposo y a una misma altura en ese momento inicial (tiempo=0 s.), pero que al ser sueltas y estar en interacción con la tierra o como diría Newton, al ser sometidas por una fuerza externa (la gravitacional) cambiaría el *momentum* de las esferas y ya que estas tienen distintas masas, también los impulsos en cada una de ellas será diferente, es decir es diferente el grado en el que la fuerza gravitacional cambia



los momentums lineales; y en tal sentido la variabilidad de la aceleración es asumida desde una relación inversamente proporcional a la masa.

Estas posiciones ambivalentes mencionadas anteriormente, surgen a partir de la experimentación de acuerdo a las declaraciones de los informantes, en las que en comparación con la caída libre de los cuerpos “a partir del plano inclinado la aceleración puede cambiar según [...] la masa.” (I3), y para apoyar esta declaración también se aprecia que “lo que determina la aceleración del cuerpo es la interacción que la masa tenga con la superficie” (I2), “ya que [debido a su peso] puede tener una mayor [o menor] velocidad” (I3).

Finalmente, gracias a los aportes tanto de los informantes como de los autores estudiados y las interpretaciones hechas por los investigadores, se puede establecer Fuerza gravitacional y Aceleración de gravedad como dos conceptos diferentes, que si bien son protagonistas en la construcción de teorías gravitatorias, no deben ser tratados como homólogos, ya que, la fuerza gravitacional entendiéndose por peso, es una interacción universalmente válida para cualesquiera dos cuerpos que consideremos, donde la masa y la distancia son variables que determinan las interacciones, de ahí que, la animidad que en ocasiones se le otorga a los cuerpos, queda entendida como una explicación dada sólo desde la naturalidad de los sentidos ya que en algunos momentos no se les pone a dialogar con los argumentos científico que han surgido a lo largo de la historia y se convierten en interpretaciones aisladas de los consensos establecidos como válidos.



Por otro lado, al establecer la relación entre la masa y la aceleración de la gravedad en la caída de los cuerpos, muestra la dificultad existente para entender que la masa no influye en la velocidad, ni en la aceleración de caída de los cuerpos, lo cual conduce a una indiferenciación con el concepto de fuerza mencionado con anterioridad, puesto que desde esta perspectiva ambos dependen de la masa. Además se ha encontrado que el empleo de la palabra “*gravedad*” de forma arbitraria en diversas situaciones para explicar los fenómenos físicos, hace que fuerza gravitacional y aceleración de gravedad sean asumidos como el mismo concepto; por tales motivo, se define en esta investigación a la aceleración de la gravedad como una magnitud constante que da cuenta de los incrementos de la velocidad en la caída de los cuerpos y que no depende de su masa.

Por ello se hace necesario rescatar algunas herramientas que permitan la conceptualización a partir de la confrontación de las nociones de los informantes con la de los teóricos y poner en escena las distintas miradas de esta problemática en el aula de clase.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Capítulo 5. Implicaciones didácticas

Se empezará por considerar que en el transcurso del trabajo investigativo, el uso de la historia y la epistemología fue esencial para alcanzar los objetivos que dieron significado a la pregunta desarrollada a lo largo de este estudio, puesto que permitió la conceptualización de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad por medio de los planteamientos teóricos de Newton y Galileo, situación que se examinará brevemente ahora en términos de su intervención en el análisis y construcción de la investigación.

Es preciso indicar que fue imprescindible estudiar el modo de significar los conceptos por Newton y Galileo a partir de las traducciones al castellano de sus manuscritos originales, con la finalidad de interpretar sus conceptualizaciones, lo que condujo a diálogos y discusiones en torno a dicho tema, así mismo, aportó de manera significativa al proceso de aprendizaje de los investigadores, pues se presentó como un reto disciplinar que demandó estudio y dedicación.

Posteriormente, y gracias a la contribución dada por los informantes seleccionados, surge el interrogante sobre ¿Cómo adaptar los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad en el aula de clase a fin de precisar diferencia entre ellos?, pretensión que condujo a una recontextualización en términos de dar significado a dichos conceptos a partir de una construcción teórica y consensos dialógicos.



Con miras a dar sentido a lo mencionado anteriormente, se hace indispensable la reflexión en términos disciplinares, que conlleva el esbozo de problemáticas propias de la física, en compañía siempre de la pregunta por la enseñanza, relación que juega un papel importante en la elaboración de herramientas que orienten al maestro en su proceso, de donde resulta una invitación al docente por asumir el rol de investigador y acercarse a los textos escritos por los teóricos con una postura crítica para adecuarlos a las problemáticas propias del contexto y las necesidades de sus estudiantes.

Lo dicho hasta aquí sitúa al maestro en el papel de historiador, al tomar parte en la organización de los datos históricos y desarrollar metodologías, para así convertirse en autor de procesos de enseñanza; estos datos son encontrados en los documentos, inscripciones etc., pero su tarea crucial es la selección, la interpretación y la presentación de manera coherente y contextualizada. (Carr, 1991, p. 50).

Todas estas consideraciones se esclarecen con la propuesta de un ciclo didáctico con el que se pretende llevar al aula los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad para establecer una diferenciación; Compuesta por una secuencia de actividades elaboradas a partir de los instrumentos aplicados, estructuradas en términos de los objetivos, conocimientos previos de los estudiantes, limitaciones y la resignificación de los conceptos.



5.1 Recomendaciones

A continuación se esbozan algunas recomendaciones, que a criterio de los investigadores son claves para la enseñanza de los conceptos (fuerza gravitacional y aceleración de gravedad), pues contribuyeron al proceso de interpretación y análisis en el desarrollo de la investigación, sin embargo, dichas recomendaciones no se expondrán como una camisa de fuerza al maestro, ni en un orden cronológico pues pueden ser abordadas a juicio de quien las incluya en su quehacer docente.

Hecha la anterior salvedad, se recomienda, hacer uso de la contribución de los alumnos, sus ideas previas, sensaciones, y explicaciones por medio de un lenguaje común, también es indispensable el estudio de los conceptos desde los teóricos para re contextualizarlos a fin de que sean respuesta a las necesidades actuales mediante algunas situaciones problema abordadas, se recomienda además, que los conceptos sean trabajados de forma conjunta, para así delimitar sus diferencias y aclarar las dudas de lenguaje que puedan confundir al estudiante, también se hace necesaria una experiencia de laboratorio, que proporcione momentos de diálogo y explicación entre docente y alumno para esclarecer interrogantes; de manera simultánea, se sugiere, exponer las posturas conceptuales de los autores, y finalmente ilustrar situaciones en las que el estudiante pueda establecer diferencias entre los conceptos.



5.2 Diseño de una secuencia didáctica

Con el objetivo de presentar una propuesta que atienda a la intencionalidad de esta investigación y que recoja los hallazgos producto de este trabajo, los investigadores se sirven del ciclo didáctico como alternativa que permite incorporar en la enseñanza de la educación básica y media, los temas de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad en particular, pues a nuestro juicio son relevantes para el aprendizaje de la física.

En conformidad con Gómez, San Martín & Pujol, el ciclo didáctico “no debe mirarse como etapas o pasos sucesivos a seguir, sino que por el contrario, las fases privilegian procesos de evaluación permanente, que requieren de autorregulación constante y, al tiempo, promueven el trabajo cooperado, lo que implica la necesidad de conformar comunidades de aprendizaje” (2003), además, conviene subrayar que la evaluación se da de manera transversal durante todo el proceso al tiempo que fomenta el cambio de paradigmas y la construcción de nuevos modelos explicativos.

Por consiguiente, se planea una fase de indagación que permite identificar explicaciones dadas por los alumnos para interpretar cómo comprenden los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, con base en planteamientos de problemas auténticos que se traducen en situaciones reales, para ser usados como fuente en la construcción de un modo de evaluación consecuente con las estrategias de aprendizaje.



En torno a la pregunta problematizadora, se propone la fase de búsqueda de nuevos modelos explicativos, en donde se correlacionan las explicaciones dadas por los expertos (interpretadas en sus textos y audiovisuales) y los argumentos dados por los estudiantes, en una experiencia de laboratorio, para abrir paso a la fase de estructuración de nuevos conocimientos donde se incorporan nuevas ideas para dar explicación a situaciones de corte conceptual, y la fase de aplicación a nuevas situaciones problemáticas en donde la resolución de problemas fomenta la argumentación y al tiempo facilita la autorregulación (San Martín, 2003).

5.2.1 Secuencia didáctica

Objetivo: Diseñar una secuencia didáctica inscrita dentro de la perspectiva de aprendizaje de investigación dirigida que propicie la diferenciación entre los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad y la construcción de modelos explicativos.

Actividades de Exploración: El propósito de usar estas actividades, es que sirvan de puente para identificar los imaginarios y modelos explicativos de los estudiantes en relación a los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, que además son soporte para futuras actividades estratégicas, que promuevan a la autorregulación y el compromiso individual con el aprendizaje.



Actividades propuestas:

- Formulario KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) Registro de conocimientos antes de estudiar.
- Experimentación mental.

Para dar inicio a esta fase, se hace uso del cuestionario KPSI con una duración aproximada de 20 minutos, donde los alumnos expresaran las concepciones que tienen en torno a los conceptos, se realizará de manera individual para garantizar que los resultados sean acordes a los conocimientos; se orientará al estudiante para que responda cada punto con la mayor sinceridad posible para obtener información veraz. A continuación, el maestro propondrá un momento de socialización de aproximadamente 10 minutos, en el que podrá identificar las impresiones de los estudiantes entorno al cuestionario y la temática trabajada.

El uso de este tipo de cuestionario se hace porque al final del proceso se pretende devolver el mismo a los estudiantes y pedirles que desarrollen nuevamente cada ítem para observar su aprendizaje, corregir y enriquecer su proceso.

Llegados a este punto, se propone el inicio de la segunda actividad que consiste en una experimentación mental a la cual se le asignará un tiempo de 15 minutos, donde se plantea una situación sencilla pero auténtica para que el alumno establezca ya sea relaciones o diferencias entre uno y otro concepto, para finalizar, se expondrán en un lapso



de 15 minutos algunas de las ideas entorno a la experimentación mental de modo que pueda identificarse las representaciones de los alumnos y sus imaginarios frente al tema.

Actividad 1: Formulario KPSI

KPSI

(Knowledge and Prior Study Inventory)

Registro de conocimientos antes de estudiar

Directriz: Este breve cuestionario tiene como objetivo averiguar las ideas previas que tienes al respecto de los conceptos que se comenzarán a estudiar, para conocer tu punto de partida y al final saber cuánto han cambiado sus concepciones acerca de los temas estudiados, se recomienda responder con la mayor sinceridad posible.

Duración: 20 minutos

Utilizando las siguientes categorías, marca con una X el numeral que explica mejor su condición frente a cada tema.

1.	2.	3.	4.
Lo sé y podría enseñarlo a alguien	No estoy seguro de saber, no podría enseñarlo	No lo entiendo	No lo sé



Nivel conceptual	1	2	3	4
La fuerza gravitacional o peso				
La fuerza				
La aceleración de un cuerpo				
La masa				

Nivel procedimental	1	2	3	4
Describe las variables que intervienen en la interacción gravitacional				
Identifica las magnitudes que describen la aceleración				
Diferencia entre fuerza gravitacional y aceleración de				



gravedad				
Resuelve situaciones problema sobre Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad				
Nivel actitudinal	1	2	3	4
Participa en la actividades propuestas				
Valora la opinión de sus compañeros				
Escucha y respeta los argumentos de otros				
Se responsabiliza de los compromisos asignados				



Comentarios: _____

Actividad 2: Experimentación Mental:

La masa de Júpiter es mucho mayor que la masa de la tierra y, por su parte la de la tierra es mucho mayor que la masa de la luna. La NASA planea una expedición para enviar un astronauta a cada uno de estos astros. ¿Cómo crees que será la fuerza gravitacional que experimenta el astronauta sobre la superficie de cada uno de estos tres astros? ¿Y cómo será el movimiento de los objetos allí?

Si el astronauta se extravía en su expedición y sale del sistema solar sin rumbo fijo, mientras se encuentra en el vacío ¿cómo crees que será la fuerza gravitacional que experimenta?

Actividades de búsqueda de nuevos modelos explicativos

En esta etapa, se busca ayudar a los estudiantes en la organización de sus ideas en la medida que se incorporan explicaciones coherentes con los consensos establecidos como científicamente válidos, en tanto promueven la verbalización y relación de sus



concepciones previas con los conocimientos adquiridos traduciéndose en la toma de decisiones al enfrentarse a una situación problema.

Actividades propuestas

- Experiencia de laboratorio
- Observación y análisis de Video

Esta fase de nuevos modelos explicativos está pensada para dos sesiones de una hora cada una, en las que se realizarán las actividades propuesta, con el propósito que cada actividad, pueda ser resuelta en su totalidad y socializada. En una primera sesión, se propone una experiencia de laboratorio, que se realizará en equipos (el número será a criterio del maestro) para la cual se dispondrá de 40 minutos, ya que esto permite que los estudiantes verbalicen y debatan sus ideas acerca del modo adecuado de interpretar cada pregunta, y generar consensos entre las distintas opiniones para dar solución a los interrogantes, posteriormente, se usarán los 20 minutos adicionales para realizar un escrito que dé cuenta de los resultados y la experiencia.

Como segunda actividad (en una segunda sesión) se propone la observación de un recurso audiovisual, para el que se dispondrá de 30 minutos, posterior a ello, se plantean unas preguntas que serán puestas en discusión en las que se hace énfasis en los conceptos clave de esta secuencia didáctica.



Actividad 3. Experiencia de laboratorio

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL SOBRE LOS CONCEPTOS DE FUERZA GRAVITACIONAL Y ACELERACIÓN DE GRAVEDAD

Integrantes:.....

.....

.....

.....

A propósito de la caída de los cuerpos, Galileo (1976) plantea que la aceleración uniforme es la mejor forma de explicar este fenómeno y por su parte define que el movimiento acelerado es aquel que experimenta un cuerpo que partiendo del reposo adquiere en tiempos iguales, iguales incrementos de velocidad.

Sobre el concepto de fuerza, Newton (1987) plantea que: “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado. [...] El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime” (p. 135,136). Este apartado hace referencia a lo que conocemos como la segunda ley de Newton, que establece una relación entre los cambios de movimiento y la fuerza, la cual, aplicada de manera constante está relacionada con los cambios de velocidad conocidos como aceleración.

1 8 0 3



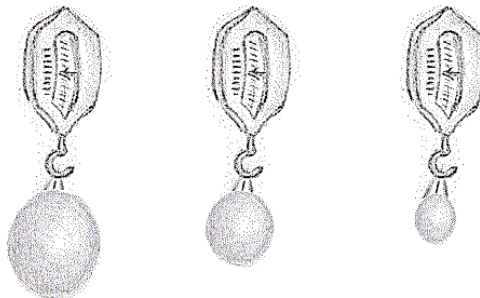
Materiales:

- Dos esferas de diferente masa
- 1 Dinamómetro
- 1 Plano inclinado
- 1 Cámara de video
- 1 Transportador

Experiencia:

Dadas las esferas de masa m_1 y m_2 , m_3 m_4 etc...

Suspender cada una de las masas en el dinamómetro y registrar sus magnitudes.



1. ¿Qué se registra en el dinamómetro, y por qué es posible ese registro?

2. ¿Qué factores crees que inciden en los registros?

3. Compare los registros y establezca relaciones entre ellos.

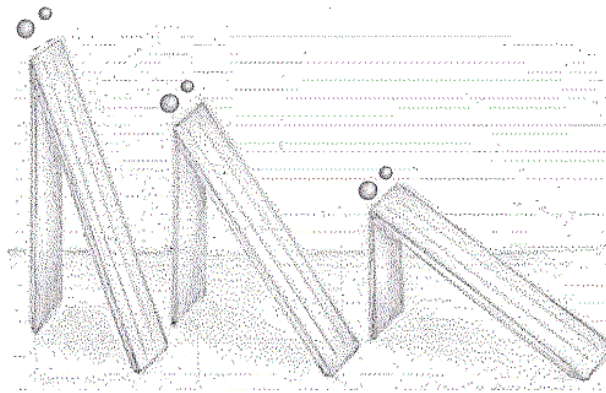
4. Realice una reflexión corta sobre los aspectos que resultaron relevantes en la



experiencia.

Experiencia 2

Ahora las esferas se dejan caer simultáneamente desde la misma altura, y además sobre el plano a diferentes grados de inclinación.



1. Teniendo en cuenta que para Galileo la mejor manera de describir la caída de los cuerpos es haciendo uso del concepto de aceleración. Describa cada uno de los movimientos de la experiencia en términos de la aceleración, fuerza gravitacional o peso y la masa.

2. ¿Es determinante la masa en la aceleración de cada una de las esferas?

¿Explica?

3. A partir de la experiencia, entre los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad podemos inferir que:



A. No hay distinción entre estos conceptos.

B. Son conceptos diferentes

Explica tu respuesta

3 Realicen un escrito en el que se consignen los resultados y aprendizajes que estas experiencias les aportaron y los consensos que se formaron a raíz de las distintas ideas

Actividad 4. Video: La manzana y la luna.

Directriz: El maestro deberá proyectar el video: “La manzana y la luna” del Universo mecánico, que se encuentra en la red en el siguiente enlace:

https://www.youtube.com/watch?v=74O_uAHjixs

A continuación, se plantean unas preguntas que deberán resolverse en equipos para posteriormente socializarlas en términos de los conocimientos previos y los adquiridos con esta ayuda audiovisual.



Preguntas para la discusión:

1. Mencione algunas de los conceptos que considera claves, en la construcción de las explicaciones dadas por Newton y Galileo al respecto de los conceptos de aceleración de gravedad y fuerza gravitacional.
2. Explique con sus propias palabras cómo comprende los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad. .
3. De acuerdo con sus planteamientos y los autores trabajados, es la diferencia entre los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad?

Actividades de estructuración

Con esta fase de la secuencia didáctica, se pretende apoyar la construcción de un mayor nivel de abstracción de las ideas y su aplicación a casos específicos como lo mencionan Gómez, San Martín y Pujol (2003) en su propuesta, usando como base los conocimientos adquiridos a lo largo de la unidad.



Actividades propuestas

- **Construcción de un paralelo**
- **Mapa mental**

Para dar inicio a esta fase, se dispondrán de 30 minutos para la realización de un cuadro paralelo de conceptos, con el claro objetivo de establecer diferencias entre Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, para el cual se tendrán en cuenta categorías como: las magnitudes que describen los fenómenos, las variables que intervienen, la idea de fuerza, la idea de aceleración, las preguntas que dieron inicio a dichos estudios científicos, los fenómenos que se manifiestan, los términos extraídos del video, entre otros, para ello se organizarán en parejas.

Se pretende con esta actividad que se consignen las ideas relacionadas en el proceso de las 3 fases y al mismo tiempo organizar tanto las ideas previas como los conocimientos adquiridos en una estructura clara.

Posterior a esto, el maestro reordenará a los estudiantes en equipos en procura de no dejar en el mismo grupo a las parejas de la actividad anterior, estos equipos deberán realizar en una cartelera un mapa mental usando marcadores, gráficos, ecuaciones, imágenes y papel, en donde se sintetice los puntos claves y a su vez se presta como una



forma lógica y creativa para expresar lo aprendido. Este mapa mental debe ser desarrollado alrededor de los conceptos trabajados, y de allí derivar ideas palabras y conceptos que pueden conectarse, además esta herramienta tiene el potencial de usarse como herramienta nemotécnica en beneficio de la enseñanza.

Para finalizar, se recomienda que los equipos realicen una breve presentación de sus diseños y den una explicación de la forma como se organizaron los planteamientos.

Actividad 5. Construcción de paralelo

Directriz: haciendo uso del esquema presentado a continuación, y teniendo como apoyo las categorías sugeridas, establezca diferencias entre los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, además sugiera 2 categorías más.

<i>categorías sugeridas</i>	<i>Fuerza gravitacional</i>	<i>Aceleración de gravedad</i>
Términos claves		
Idea de fuerza, idea de aceleración		



Actividad 6. Mapa Mental

Directriz: Por medio de un mapa mental, exponga los conceptos aprendidos y construidos durante las actividades previas, entablando relaciones entre palabras e ideas y manteniendo la diferencia de los conceptos de aceleración de gravedad y fuerza gravitacional, para ello podrá usar los argumentos expuesto por los teóricos, los conceptos vistos en el video, las ideas estructuradas durante las diferentes fases, imágenes, palabras, conectores, entre otros.

Duración: 30 minutos elaboración del mapa y 30 minutos exposiciones.

Comentarios: _____

Actividades de Aplicación a nuevas situaciones

En esta etapa de la secuencia, se pretende por medio de las actividades, la aplicación de los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, donde debe evidenciarse el proceso de construcción de los saberes, además es concerniente en esta fase el poder reconocer la comprensión de dichos conceptos de manera más clara y acorde a los consensos científicamente validados, en particular tener claras sus diferencias.



Actividades propuestas

- **Resolución de problemas**
- **Diseño de texto**

En principio, se recomienda realizar estas actividades en dos sesiones de clase, cada una de 1 hora, en un primero momento, los alumnos resolverán las situaciones problemas en las que podrán mostrar la adquisición de los nuevos saberes y argumentar sus respuestas al desarrollar cada punto de manera individual. Durante la segunda sesión, se dispondrá de 40 minutos para la escritura de un texto corto en los que se exprese el recorrido en la construcción de los conceptos de Manera individual, mientras que en los 20 minutos restantes se devolverá el cuestionario KPSI hecho durante la primera actividad, para que el alumno lo responda de nuevo y pueda evidenciar sus avances, y así completar el ejercicio de autorregulación, además será una herramienta para que el maestro evalúe los logros en sus enseñanza y realice un ejercicio de autoevaluación que potenciar su ejercicio docente.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Actividad 7 Resolución de problemas

Directriz: Responda las siguientes preguntas, teniendo como base las explicaciones y conceptos construidos a los largo de las actividades propuestas

Duración: 1 hora

1. ¿Qué factores consideras tú que inciden en la caída de los cuerpos? Explica tu respuesta.

2. Una de las fuerzas consideradas por Newton es la gravitacional. Realice un escrito corto donde dejes ver lo que consideras que es la fuerza gravitacional y, de ser posible, cita situaciones donde esta se aplica.

4. ¿A qué le atribuyes que los objetos cotidianos y nosotros mismos, permanezcamos sobre la superficie de la tierra? Justifica tu respuesta.



5. Suponga un universo formado únicamente por objetos que interactúan entre sí, tal como se ilustra en las siguientes figuras.

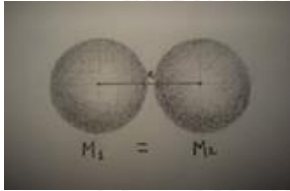


fig. 5-a

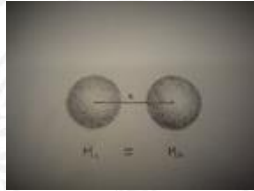


fig. 5-b

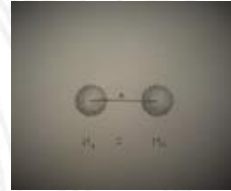


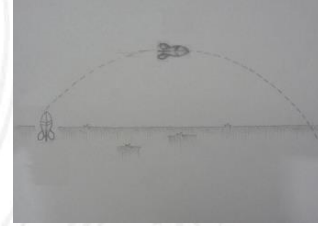
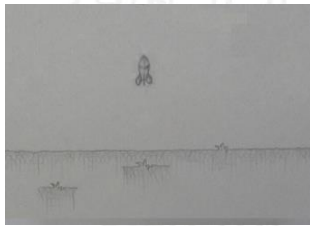
fig. 5-c

¿Cómo crees que es la fuerza gravitacional en las tres situaciones (fig. 5-a; fig. 5-b; fig. 5-c) presentadas anteriormente? Explica tu respuesta.

5. ¿Qué entiendes por **gravedad** (**g**)? Explica con tus palabras y enuncia situaciones donde se evidencie el concepto.



6. En el siguiente gráfico se muestran tres imágenes de un misil en vuelo, representa la **gravedad** (g) en cada una de estas situaciones. Argumenta tus respuestas.



Subiendo

Bajando

Mvto. Parabólico

8. Según tu consideración, en la caída de los cuerpos, ¿la **gravedad** (g) que representa? Una fuerza ____ Una velocidad ____ Una aceleración ____ ¿Por qué?



9. Desde la orilla de un acantilado se lanzan en caída libre esferas de plomo de diferente masa, como se presenta en la ilustración.

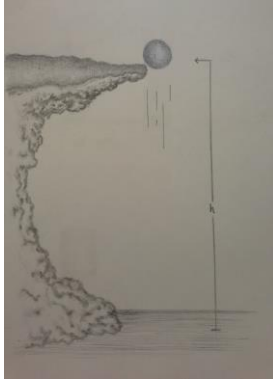


Fig.1

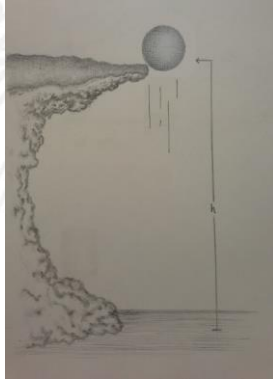


Fig.2

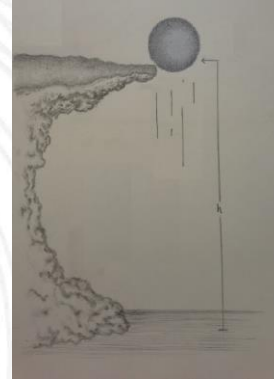


Fig.3

a. ¿Cómo consideras la **gravedad** entre las situaciones anteriores?

Es variable ____ o constante ____ ¿Por qué?

b. ¿Cómo consideras la **fuerza gravitacional** entre las situaciones anteriores?

Es variable ____ o constante ____ ¿Por qué?



c. De acuerdo a tus apreciaciones ¿Qué relación puedes establecer entre la **gravedad** (g) y la **fuerza gravitacional**? Explica tus consideraciones.

10. Si el acantilado está en la luna:

a. ¿Qué esperarías que pase con la aceleración en cada uno de los casos?

b. ¿Qué similitudes o diferencias encuentras entre la **gravedad** en la luna y en la tierra? Explica tu respuesta.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Actividad 8

Directriz: Escriba un texto corto, (mínimo tres párrafos) en los que explique con sus propias palabras los aprendizajes construidos a lo largo de las actividades en términos de los conceptos de Fuerza gravitacional y aceleración de gravedad, tenga en cuenta los argumentos de los teóricos trabajados, los momentos históricos, sus ideas previas, las representaciones construidas en su equipo de trabajo, y algunos ejemplos que den cuenta de la diferencia de dichos conceptos.

Duración: 40 minutos

Comentarios

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803



Capítulo 6. Consideraciones Finales

La historia y la epistemología han sido la columna vertebral de este proceso investigativo dado que son la vía que conduce a dar solución al problema formulado inicialmente, la línea de investigación aporta significativamente a alcanzar los objetivos propuestos en referencia a los conceptos de Fuerza de Gravedad y Aceleración Gravitacional teniendo como referentes teóricos a Isaac Newton, y Galileo Galilei, además de las consideraciones de los informantes y las interpretaciones de los investigadores.

En este sentido la reconceptualización de los conceptos de Fuerza Gravitacional y Aceleración de Gravedad se hace posible en el momento que se ponen en diálogo los aportes teóricos de Galileo Galilei e Isaac Newton, quienes hicieron parte del cambio filosófico de hacer ciencia al sumergirse como agentes activos de la realidad, además sus aportes son pilares fundamentales para el trato que hoy se le da a los conceptos en cuestión. Aportes que, simultáneamente con las voces de los informantes, sujetos de un contexto particular en proceso de formación, que permiten desde sus verbalizaciones interpretar cómo están comprendiendo los conceptos, propicia un discurso entretejido por las interpretaciones de los investigadores que como resultado, da lugar a cumplir el objetivo de resignificación.

La metodología asumida por los investigadores es atravesada por la historia y la epistemología y concibe la ciencia como una construcción humana lograda en consenso, en correspondencia con Elkana, una sola teoría sobre la ciencia es contradictoria puesto que las interpretaciones son cambiantes y se encuentran en constante desarrollo, poner a la



ciencia sobre los demás sistemas culturales sólo genera una postura arrogante de la misma (1983). Así mismo, se concibe la ciencia como un producto social obtenido de la movilización de consensos ya que da un lugar protagónico al hombre como constructor de realidades y no como sujeto ajeno a ella.

La selección como referentes teóricos de Isaac Newton y Galileo Galilei representó un reto para los investigadores, debido a que sus escritos se dan en un lenguaje que en su forma colonial puede ser confuso y conducir a variadas interpretaciones, que dan como resultado las problemáticas enunciadas en este trabajo, de allí que las interpretaciones de los investigadores que inevitablemente están permeadas por su formación académica, se contraste con las estructuras teóricas de los informantes reconocidas en sus verbalizaciones y escritos.

Respecto a Fuerza de Gravedad, de forma similar, entendemos de Isaac Newton que es la reacción entre dos cuerpos que se atraen a lo largo de una línea recta dibujada desde sus centros, tal fuerza es directamente proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que las separa; en este sentido es conveniente precisar que la fuerza no se considera por parte de los investigadores como entidad inherente a un cuerpo en particular, sino que se da mientras existan varios cuerpos en escena, lo que es afirmado cuando se piensa en un solo objeto en el universo y pierde sentido hablar de fuerza, peso, incluso de inercia.

Por otra parte, en cuanto a Aceleración Gravitacional podemos decir que es una aceleración constante independiente de la masa del cuerpo que se considera en caída; la



experimentación mental, la observación en caída libre y los planos inclinados son instrumentos que permiten arraigar esta aseveración, contraria a los sentidos pero verificable; la aceleración gravitacional está dada de forma particular a los diferentes cuerpos celestes y es observable y medible en los objetos situados en sus inmediaciones que se dejan caer.

La forma de estudiar los fenómenos físicos con la puesta en escena de situaciones ideales que motivan procesos mentales como los que propone el Galileo Galilei son de gran ayuda para identificar las variadas nociones que poseen los estudiantes mediante el diálogo y también para determinar los mecanismos que utilizan para entender de la manera en que ellos comprenden. En este sentido se abre la posibilidad de cuestionar sus propias maneras de conceptualizar y comparar sus puntos de vista al visualizar las formas de argumentar que se dieron desde el pensamiento aristotélico y el pensamiento galileano, hecho que conlleva al reconocimiento de las opiniones de los estudiantes como valiosas en la construcción conjunta del conocimiento dentro del aula, y que resalta como ya se ha mencionado en situaciones anteriores, la importancia de que la ciencia así mismo se construye es desde los consensos sociales, al tener la necesidad de resolver diversas problemáticas, las cuales son semejantes a las presentadas en sus necesidades de aprendizaje. Por lo tanto el papel del docente como guía es fundamental a la hora de hacer uso de estas herramientas: de la experimentación mental y del debate para establecer una comunicación asertiva que dé espacio a una participación activa y fomente la apropiación del conocimiento, consecuente con la enseñanza de la física. Todo esto implica la responsabilidad de tener un conocimiento epistemológico que amplíe la visión del maestro acerca del teórico.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Así mismo, si se concibe que la velocidad y de igual modo la aceleración en la caída libre dependen de la masa al igual que la fuerza gravitacional lo que ocasiona que ambos conceptos sean tratados de manera indistinta dentro del aula, precisamente en los *Diálogos sobre dos nuevas ciencias* se evidencia la organización sistemática del fenómeno y una estructura matemática presentada con relaciones de proporcionalidad para demostrar que no es así, además de poder probar otros aspectos tales como que la aceleración de gravedad, la cual produce los incrementos en los grados de velocidad en la caída de los cuerpos, es constante.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Bibliografía

Aguilar, Y. (2002). A propósito de las cosmovisiones realista y fenomenológica. Universidad de Antioquia.

Aguilar, Y. (2006). Enseñanza y formalización de los fenómenos físicos. Usos de la historia y epistemología de la física en la educación en física. El Concepto de presión desde la perspectiva euleriana. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Aguilar, Y., Romero, A. (2011). A propósito de los experimentos mentales: una tentativa para la construcción de explicaciones en ciencias. 5° Congreso Nacional de la Enseñanza de la Física. Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 16 al 20 de Mayo. *Revista Científica. Volumen extra*, 169-174.

Bunge, M. (1980). La ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Siglo xx.

Bunge, M. (1985). La investigación científica (Ed. Ariel: Barcelona).

Camino, N. (2005). *Génesis y evolución del concepto de gravedad*. Tesis de Doctorado. UNLP. Octubre.



Camino, N. (2006) Génesis y evolución del concepto de gravedad. Tesis de Doctorado. UNLP. Octubre 2006.

Cassier, E. (1979). Fin y método de la física teórica.

Carr, E. (1983) El historiador y los hechos. Tomado de: ¿Qué es la historia? Ed. Ariel, Barcelona, pp. 49-76.

Carr, E. (1991) ¿Qué es la Historia? Editorial Ariel S.A., Barcelona.

Carrascosa, J., Gil, D. (1985). La «metodología de la superficialidad» y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, pp. 113-120.

Dibar, C., Pérez S. (2007). Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: Algunos resultados de investigación desde un marco teórico neuroconstructivista. *Enseñanza de la física*. 20 (1), 33-39.

Dóriga, E. (1985). “*El universo de Newton y de Einstein: Introducción a la Filosofía de la naturaleza*”. Herder, Barcelona.



Elkana, Y. (1983) La ciencia como sistema cultural: Una aproximación Antropológica. Bogotá. 3(1), 67.

French, P. (1974). Mecánica Newtoniana. *M. I. T. Physics Course*. Editorial Reverté (1974).

Galilei, G. (1610). The starry Messenger, Sidereus Nuncius. Sidereus Nuncius A page by page translation Based on the version by Edward Stafford Carlos Rivingtons London 1880.

Galilei, G. (1638). Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Traducido por J. Sabada. Introducción y notas por C. Solís. Madrid: Editora Nacional.

Galili, I. (1993). Weigh and gravity: Teachers' ambiguity and students' confusión about the concepts. *International Journal of Science Education*. 15 (2), 149-162.

Galili, I., Bar, V. (1997). "Children's operational knowledge about weight". *Int. J. Sci. Educ.*, 19 (3), 317-340.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, pp. 197-212.



Gil, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: Realizaciones y perspectivas, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.

Gil, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, pp. 17-32.

Gómez, A., Sanmartí, N., Puyol, R. (2003). Aprendiendo Sobre Los Seres Vivos en su Ambiente. Una Propuesta Realizada en la Escuela Primaria. *Aula, Innovación Educativa* 125: 54-58.

Hamburger, I. (1985). Por que Historia e Filosofia da Física no Ensino da Física?, contribución a la Mesa Redonda “Problemas Críticos da Enseñanza da Ensino da Física” VI Simposio de Ensino da Física, Sociedade Brasileira da Física, Niterói, enero de 1985.

Hernández, R. (2006). *Metodología de la investigación*, México D.F., México McGraw-Hill / Interamericana Editores, s.a. de c.v.

Hernández, R., Collado, C., Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, s.a. de c.v.

Hewitt, P. (2007). *Física conceptual*. México: Pearson educación.



Janesick, J. (1998). The Dance of Qualitative Research Design: Metaphor, Methodolatry, and Meaning. In: Denzin, N. K. and Lincoln, Y. S., *Strategies of Qualitative Inquiry*

Kuhn, T. (1982). *La Tensión Esencial*. Fondo de Cultura Económica, México.

Matthews, R. (1988). A Role for History and Philosophy in Science Teaching, *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), pp. 67-81.

Matthews, R. (1992). A Role for History and Philosophy in Science Teaching, The present rapprochement, *Science and Education*, 1, pp. 11-47

Matthews, R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias, *Revista historia y epistemología de las ciencias*, 12 (2) 255-277.

Newton, I. (1987). *Principios matemáticos de Filosofía Natural*, Alianza Editorial, Madrid, España.

Porlán, R., Martín, J. (1991) *El diario del profesor: Cambiar la enseñanza, cambiar la profesión*. Sevilla, España, Editorial Diada.



Pozo, I. (1987). La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. *Infancia y Aprendizaje*, 38, pp. 69-87.

Sears, F., Zemansky, M., Young, H., Freedman, R. (2009). *Física Universitaria*, 12^a Edición. Vol. 1.

Segura, D. (1991). Una premisa para el cambio conceptual: El cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, pp. 175-180.

Shapin, S. Una bomba circunstancial la tecnología literaria de Boyle. Tomado de: *La ciencia telle qu'elle se fait*, Michel Callon y Bruno Latour (editores), La découverte, París, 1991. Traductor: Germán Pineda. Revisión de Jorge Charum.

Stake, R. (2005). *Investigación con estudio de casos*. Colección: Manual, Madrid, España, Ediciones Morata SRL.

Solbes, J., Traver M. (1996) .la utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química, *Revista historia y epistemología de las ciencias*, 14 (1), 103-112.



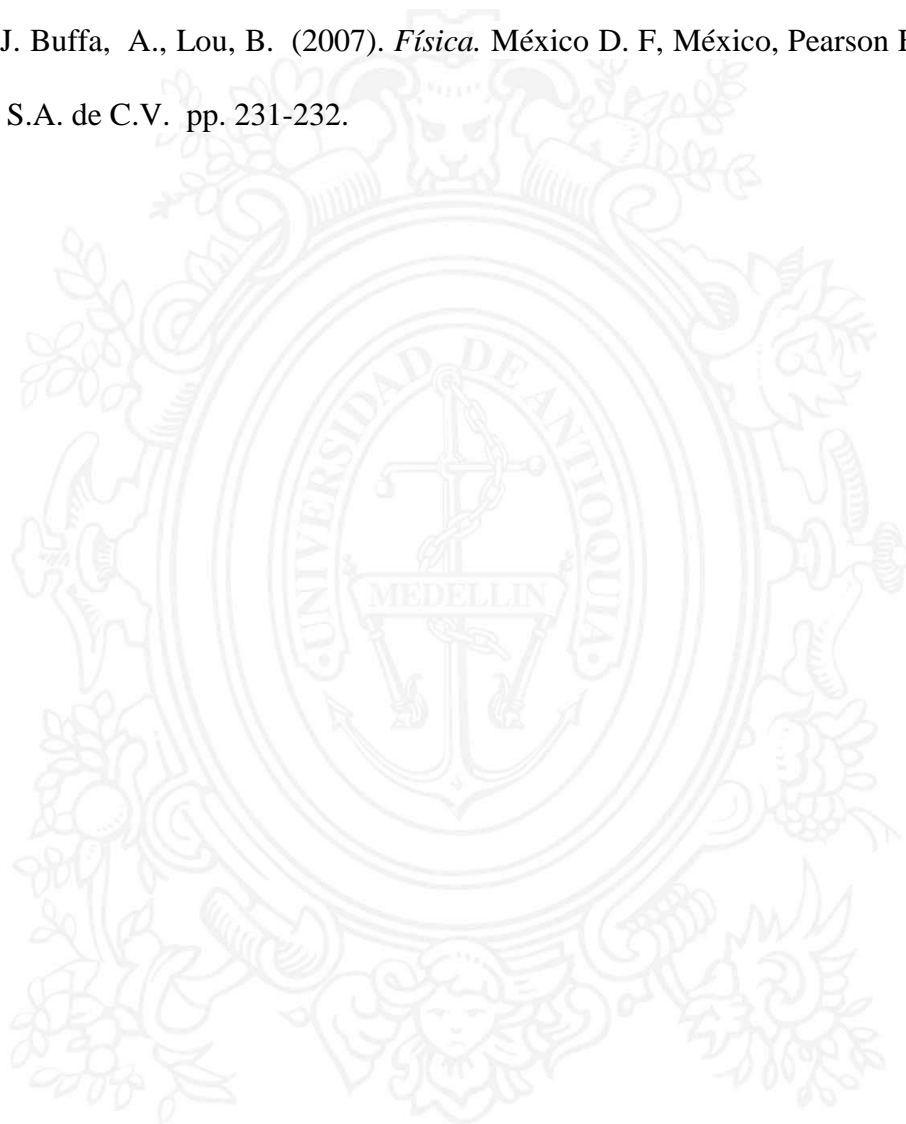
UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Wilson, J. Buffa, A., Lou, B. (2007). *Física*. México D. F, México, Pearson Educación de México, S.A. de C.V. pp. 231-232.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Anexos

INSTRUMENTO I

**CUESTIONARIO PARA INDAGAR CÓMO INTERPRETAN LOS
INFORMANTES LA FUERZA GRAVITACIONAL.**

Institución Educativa Comercial de Envigado.

Fecha: __/__/__

Protocolo entrevista aplicado a:

Nombre: _____ Género: _____ Edad: _____ Grupo: _____

Responde según lo que tú entiendes sobre los enunciados propuestos a continuación; no se esperan respuestas correctas o incorrectas. (Puedes respaldar tus apreciaciones con gráficos)

OBJETIVO:

- Identificar los modelos explicativos de los informantes respecto a la fuerza gravitacional mediante un cuestionario abierto que permita caracterizar sus representaciones.

INTRODUCCIÓN:

El presente cuestionario se ha realizado desde la experimentación mental, con el propósito de identificar y analizar las interpretaciones y representaciones que tienen los informantes respecto a la fuerza gravitacional.

Sobre el concepto de fuerza, Newton (1987) plantea que: “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado. [...] El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime” (p. 135,136). Este apartado hace referencia a lo que conocemos como la segunda ley de Newton, que establece una relación entre los cambios de movimiento y la fuerza, la cual, aplicada de manera constante está relacionada con los cambios de velocidad conocidos como aceleración.

PREGUNTAS

1. ¿Qué factores consideras tú que inciden en la caída de los cuerpos? Explica tu respuesta.



2. Una de las fuerzas consideradas por Newton es la gravitacional. Realice un escrito corto donde dejes ver lo que consideras que es la fuerza gravitacional y, de ser posible, cita situaciones donde esta se aplica.

3. ¿A qué le atribuyes que los objetos cotidianos y nosotros mismos, permanezcamos sobre la superficie de la tierra? Justifica tu respuesta.
4. Suponga un universo formado únicamente por objetos que interactúan entre sí, tal como se ilustra en las siguientes figuras.

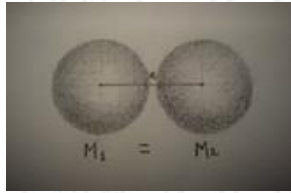


fig. 5-a

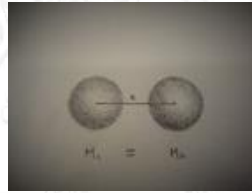


fig. 5-b

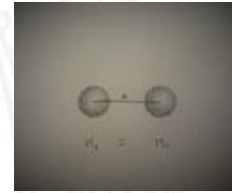


fig. 5-c

¿Cómo crees que es la fuerza gravitacional en las tres situaciones (fig. 5-a; fig. 5-b; fig. 5-c) presentadas anteriormente? Explica tu respuesta.

5. La masa de Júpiter es mucho mayor que la masa de la tierra y, por su parte la de la tierra es mucho mayor que la masa de la luna. La NASA planea una expedición para enviar un astronauta a cada uno de estos astros. ¿Cómo crees que será la fuerza gravitacional que experimenta el astronauta sobre la superficie de cada uno de estos tres astros? Realiza un breve escrito en el cual compares tus conclusiones.
6. Si el astronauta se extravía en su expedición y sale del sistema solar sin rumbo fijo, mientras se encuentra en el vacío ¿cómo crees que será la fuerza gravitacional que experimenta?



INSTRUMENTO II

CUESTIONARIO PARA INDAGAR CÓMO LOS INFORMANTES INTERPRETAN EL CONCEPTO DE LA GRAVEDAD

Institución Educativa Comercial de Envigado.

Fecha: ___/___/___

Protocolo entrevista aplicado a:

Nombre: _____ Género: ___ Edad: ___ Grupo: _____

Responde según lo que tú entiendes sobre los enunciados propuestos a continuación; no se esperan respuestas correctas o incorrectas. (Puedes respaldar tus apreciaciones con gráficos)

OBJETIVO:

- Identificar los modelos explicativos de los informantes respecto a la aceleración de la gravedad mediante un cuestionario abierto que permita caracterizar sus representaciones.

INTRODUCCIÓN:

Este cuestionario se realiza proponiendo a los informantes situaciones que implican escenarios ideales y experimentación mental, con el propósito de identificar y analizar tanto las interpretaciones como las representaciones que tienen respecto al concepto de la gravedad.

A propósito de la caída de los cuerpos, Galileo (1976) plantea que la aceleración uniforme es la mejor forma de explicar este fenómeno y por su parte define que el movimiento acelerado es aquel que experimenta un cuerpo que partiendo del reposo adquiere en tiempos iguales, iguales incrementos de velocidad.

Nota: En cada una de las siguientes preguntas se asumen situaciones ideales, es decir, no se considera la fricción del aire, el viento, la deformación de las masas, entre otros.

PREGUNTAS

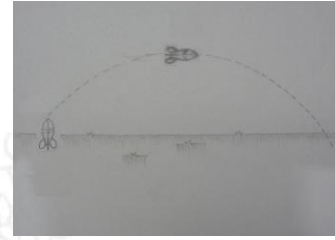
1. ¿Qué entiendes por **gravedad**? Explica con tus palabras y de ser posible enuncia situaciones donde se evidencie el concepto.
2. En el siguiente gráfico se muestran tres imágenes de un misil en vuelo, representa la **gravedad** en cada una de estas situaciones. Argumenta tus respuestas.



Subiendo



Bajando



Mvto. Parabólico

3. Según tu consideración, en la caída de los cuerpos, ¿la **gravedad** que representa? Una fuerza ___ Una velocidad ___ Una aceleración ___ ¿Por qué?
4. Desde la orilla de un acantilado se lanzan en caída libre esferas de plomo de diferente masa, como se presenta en la ilustración.

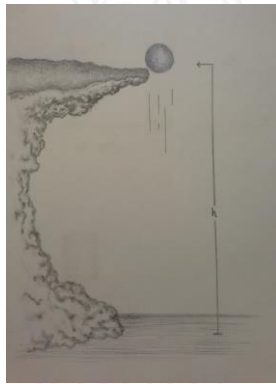


Fig.1

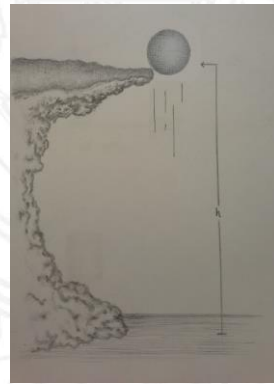


Fig.2

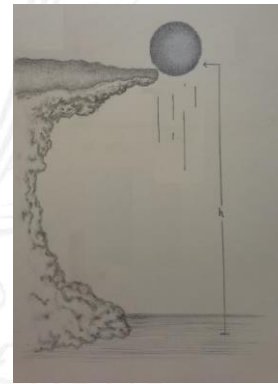


Fig.3

- a. ¿Cómo consideras la **gravedad** entre las situaciones anteriores? es variable ___ o constante ___ ¿Por qué?
 - b. ¿Cómo consideras la **fuerza gravitacional** entre las situaciones anteriores? es variable ___ o constante ___ ¿Por qué?
 - c. De acuerdo a tus apreciaciones ¿Qué relación puedes establecer entre la **gravedad** y la **fuerza gravitacional**? Explica tus consideraciones.
5. Si el acantilado está en la luna:
 - a. ¿Qué esperarías que pase con la aceleración en cada uno de los casos?



- b. ¿Qué similitudes o diferencias encuentras entre la *gravedad* en la luna y en la tierra? Explica tu respuesta.

INSTRUMENTO III

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL SOBRE LOS CONCEPTOS DE FUERZA GRAVITACIONAL Y ACELERACIÓN DE GRAVEDAD

Institución Educativa Comercial De Envigado.

Fecha: ___/___/___

Protocolo entrevista aplicado a:

Nombre: _____ Género: _____ Edad: _____ Grupo: _____

Introducción:

Esta experiencia se realiza proponiendo a los informantes situaciones que implican manejo de materiales, observación e interpretación de eventos con el propósito de identificar y analizar tanto las interpretaciones como las representaciones que tienen respecto a los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad.

A propósito de la caída de los cuerpos, Galileo (1976) plantea que la aceleración uniforme es la mejor forma de explicar este fenómeno y por su parte define que el movimiento acelerado es aquel que experimenta un cuerpo que partiendo del reposo adquiere en tiempos iguales, iguales incrementos de velocidad.

Sobre el concepto de fuerza, Newton (1987) plantea que: “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado. [...] El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime” (p. 135,136). Este apartado hace referencia a lo que conocemos como la segunda ley de Newton, que establece una relación entre los cambios de movimiento y la fuerza, la cual, aplicada de manera constante está relacionada con los cambios de velocidad conocidos como aceleración.

Materiales:

- Dos esferas de diferente masa
- 1 Dinamómetro
- 1 Plano inclinado
- 1 Cámara de video
- 1 Transportador

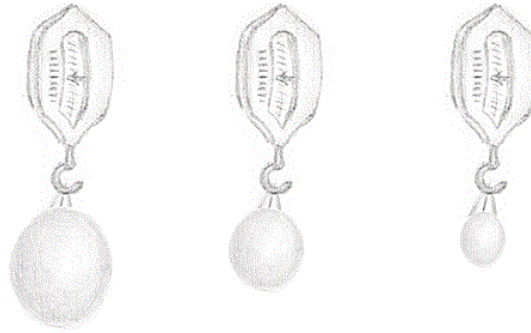


Objetivo: Identificar y analizar tanto las interpretaciones como las representaciones que tienen los informantes respecto a los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad mediante una experiencia de laboratorio.

Experiencia 1:

Dadas las esferas de masa m_1 y m_2 , m_3 m_4 etc...

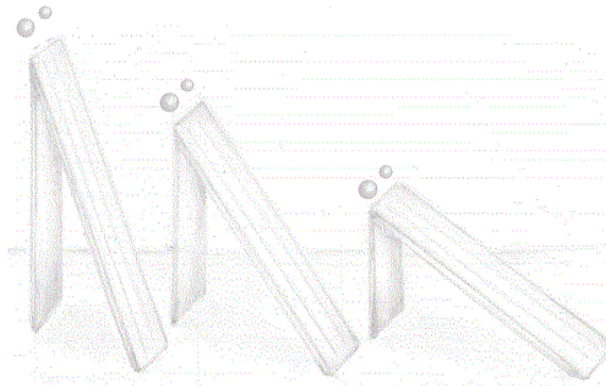
Suspender cada una de las masas en el dinamómetro y registrar sus magnitudes.



1. ¿Qué se registra en el dinamómetro, y por qué es posible ese registro?
2. ¿Qué factores crees que inciden en los registros?
3. Compare los registros y establezca relaciones entre ellos.
4. Realice una reflexión corta sobre los aspectos que resultaron relevantes en la experiencia.

Experiencia 2

Ahora las esferas se dejan caer simultáneamente desde la misma altura, y además sobre el plano a diferentes grados de inclinación.



1. Teniendo en cuenta que para Galileo la mejor manera de describir la caída de los cuerpos es haciendo uso del concepto de aceleración. Describa cada uno de los movimientos de la experiencia en términos de la aceleración, fuerza gravitacional o peso y la masa.
2. ¿Es determinante la masa en la aceleración de cada una de las esferas? ¿Explica?
3. A partir de la experiencia, entre los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de gravedad podemos inferir que:
 - A. No hay distinción entre estos conceptos.
 - B. Son conceptos diferentesExplica tu respuesta

Categorías

Categorías a priori:

- C1 La fuerza gravitacional es una propiedad intrínseca de los cuerpos.
 - C1.1 El peso es una propiedad intrínseca de los cuerpos.
 - C1.2 La gravedad es una propiedad intrínseca de los cuerpos.
 - C1.3 La fuerza gravitacional es una atracción debida a otro cuerpo
- C2 Un centro es el causante de la fuerza gravitacional.
 - C2.1 El centro de la tierra causante de la fuerza gravitacional
 - C2.2 El centro del sistema solar causante de la fuerza gravitacional.
- C3 Entre fuerza gravitacional y gravedad no hay distinción alguna.
 - C3.1 La gravedad es una fuerza.

Categorías a emergentes

- C4 La fuerza gravitacional es producto de la interacción entre cuerpos.



- C4.1 La Fuerza gravitacional es proporcional a la masa.
- C4.2 La fuerza gravitacional es proporcional a la distancia.
- C5 La gravedad es la magnitud de la aceleración constante con la cual un cuerpo se precipita hacia otro.
 - C5.1 La gravedad es proporcional a la masa de los cuerpos
- C6 La aceleración de gravedad que experimenta un cuerpo en caída libre es independiente de su masa.

MATRIZ DE DOBLE ENTRADA INSTRUMENTO I

INFORMANTE	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4
PREGUNTA				
Pregunta N.1	La gravedad factor que incide en la caída de los cuerpos.	La fuerza gravitacional atrae al cuerpo hacia el centro de la tierra.	Gravedad.	La gravedad... hace que todos los cuerpos estén firmes sobre la tierra.
Pregunta N.2	La gravedad es la fuerza que atrae los cuerpos hacia la tierra.	La fuerza gravitacional es un poder de atracción que nos mantiene unidos a un lugar.	Es la fuerza que une a las personas o los objetos al suelo.	En algunos planetas la gravedad es más fuerte [...] La gravedad y la fuerza gravitacional son lo mismo.
Pregunta N.3	A la fuerza gravitacional porque ella nos atrae hacia la tierra.	A la fuerza gravitacional que nos mantiene unidos a la superficie terrestre. * A la fuerza gravitacional que nos mantiene unidos	Es la fuerza gravitacional, ella nos ayuda a estar sujetos a la superficie de la tierra.	A la gravedad porque esta fuerza hace que todos los cuerpos permanezcan firmes en la superficie de la tierra.



		a la superficie terrestre.		
Pregunta N.4	La A hay más gravedad [...] la masa hace que entre esas dos esferas haya más fuerza gravitacional.	La fuerza gravitacional entre cuerpos de igual tamaño es igual, por lo tanto no van a atraerse.	El tamaño de los planetas tiende a variar la gravedad.	A mayor masa más fuerza gravitacional.
Pregunta N.5	En la luna menor fuerza gravitacional, en la tierra media y el Júpiter mayor, porque Júpiter es un planeta más grande.	Cuando se está más lejos del sol es menor la fuerza gravitacional.	La fuerza variara de acuerdo a la distancia de los planetas [...] entonces me imagino que en Júpiter podría haber más gravedad.	En la luna experimenta menos peso de su cuerpo debido a que la fuerza gravitacional es mucho menor.
Pregunta N.6	No sentirá fuerza gravitacional porque no hay algo que lo atraiga.	No experimentaría ninguna fuerza gravitacional...si está en el vacío no tendría otro cuerpo para ejercer la fuerza.	No experimentaría fuerza gravitacional porque si el lugar está totalmente vacío no hay cuerpos que lo atraigan entonces no hay fuerza.	No va a sentir fuerza gravitacional [...] por qué no hay nada que lo atraiga así como la tierra atrae las cosas.

INFORMANTE	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4
PREGUNTA				
Pregunta N.1	C3	C2.1	C3	C3
Pregunta N.2	C1.3 - C3.1	C1.3	C1.2	C1.2 - C3.1
Pregunta N.3	C1.3	C1.3 C3	C1.3	C1.3 - C3
Pregunta N.4	C4.1 - C3	C1	C4.1 - C3	C4.1
Pregunta N.5	C4.1	C5	C4.1	C4.1
Pregunta N.6	C1.3	C1	C1.3	C1.3

MATRIZ DE DOBLE ENTRADA INSTRUMENTO II

INFORMANTE	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4
PREGUNTA				
Pregunta N.1	Es todo aquello que al ser lanzado cae por la fuerza que genera su peso	* La gravedad impide que las cosas estén volando por doquier y hace que todo se mantenga en su lugar.	La gravedad impide que flotemos y la fuerza gravitacional es la que hace que todas las cosas se mantengan en su lugar.	es la que hace que las cosas se caigan cuando se sueltan y están a una altura, la gravedad hace que se dirija hacia el suelo y no se mueva hacia arriba.
Pregunta N.2	Todas son atraídas hacia abajo	Sin importar cómo se mueve la tierra lo está atrayendo hacia su centro.	mientras los cuerpos estén más altos caen más rápido y con más fuerza, siempre y cuando estén en un lugar donde haya gravedad como la tierra	la gravedad es una aceleración hacia la tierra, porque todo cuando se suelta cae mas rapido mientras mas alto.
Pregunta N.3	Ocurre por la atracción de las masas hacia la tierra	Las cosas cuando están cayendo cada vez lo hacen más rápido	El tiempo de vuelo de cada una de las esferas es igual porque caen al mismo tiempo. Mientras más pesado el objeto es atraído con más fuerza	todas caen igual, pero se debe tener en cuenta la dureza para romper el aire, entonces la más grande puede hacerlo más rápido
Pregunta N.4	Cada uno caerá debido a su peso y a la fuerza de atracción que lo atraerá a la tierra mientras más grande sea el cuerpo mayor	La gravedad puede ser la velocidad con que caen los cuerpos y sin importar la masa todos van a caer en el mismo tiempo. La fuerza depende de la masa entonces	La gravedad está cuando los cuerpos comienzan a caer, y todos caen al mismo tiempo	todas caen hacia el suelo igual de rápido, porque utilizan el mismo tiempo en el aire.



	será la fuerza de atracción hacia la tierra	mientras más masa el cuerpo será más pesado y es atraído con más fuerza		
Pregunta N.5	la luna tiene menos atracción que a tierra y por eso caen con menor velocidad	La luna tiene gravedad aunque es más poca que la de la tierra. La luna es menos compacta que el núcleo de la tierra, entonces la fuerza es más poca y la velocidad es más poca.	Que caigan más despacio, porque la luna tiene menos gravedad. [...] sin importar la masa de los cuerpos siempre caerán al mismo tiempo.	la luna tiene gravedad más poca que la tierra, entonces las esferas caen al suelo más despacio, porque utilizan el mismo tiempo al caen más despacio

INFORMANTE	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4
PREGUNTA				
Pregunta N.1	C3.1	C3.1	C3	C3
Pregunta N.2	C2	C2.1 C3	C1.2	C5
Pregunta N.3	C2.1 C3.1	C5	C6 C41	C5.1
Pregunta N.4	C.1.1 C5.1 C3.1	C6 C4.1 C1.3	C6	C6
Pregunta N.5	C4.1 C2.1	C1.2 C4.1 C5	C1.2 C6	C1.2 C6

MATRIZ DE DOBLE ENTRADA INSTRUMENTO III

INFORMANTE	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4
PREGUNTAS DE LOS EXPERIMENTOS 1 Y 2, E1Y E2 RESPECTIVAMENTE				
Pregunta E1 N.1	La fuerza gravitacional que hay al colocar una	Representa la fuerza gravitacional o peso, porque al	A mayor peso, más baja en el dinamómetro.	El dinamómetro registra la fuerza gravitacional del elemento que



	bolita con diferente tamaño	unir la masa del cuerpo con la fuerza del resorte y la tensión que este tiene se puede calcular el peso		estamos midiendo
Pregunta E1 N.2	La masa, El peso	Incide la masa de la esfera y la rigidez del resorte. También el material de que está hecha la esfera	La masa y la gravedad de la bola.	La masa de cada elemento (el peso) y la fuerza gravitacional que atrae el elemento pesado.
Pregunta E1 N.3	En una esfera se da a conocer un peso con mayor fuerza ya que la esfera es de mayor tamaño y peso.	La masa 1 pesa menos que la segunda ya que la primera está hecha de un material menos sólido y aunque la primera sea más grande, el peso de la segunda es mayor.	A mayor peso de las bolas más Newton se muestra en el dinamómetro.	A mayor peso más es la fuerza gravitacional del elemento pesado.
Pregunta E1 N.4	La masa, el peso el material, la fuerza	Que a pesar de que un objeto fuese más grande que el otro, el pequeño puede tener mayor peso por la consistencia de su masa	El peso se conforma de la gravedad y la masa [...] El peso siempre se fue hacia abajo.	Si tenemos más peso más va a medir en el dinamómetro.
Pregunta E2 N.1	El movimiento es acelerado, porque baja de forma rápida por su peso		A partir del plano inclinado la aceleración, puede cambiar según el peso y la masa.	
Pregunta E2 N.2	Sí, ya que	La masa no es	A menor masa	La masa presenta



	llega siendo de forma rápida por el peso de la esfera más gruesa.	determinante siempre C6, lo que determina la aceleración del cuerpo es la interacción que la masa tenga con la superficie C6	puede haber más aceleración, ya que como pesa menos puede tener una mayor velocidad.	atracción hacia la tierra por la fuerza gravitacional
Pregunta E2 N.3	Sí, ya que unas esferas son más pesadas y de otro tamaño, por ello algunas de ellas llegan de forma más rápida.	La gravedad es un factor que se emplea para poder medir la fuerza gravitacional.	La fuerza gravitacional, es la fuerza que empuja el cuerpo hacia abajo [...] mientras que la aceleración de la gravedad, se relaciona con la masa de los cuerpos.	La fuerza gravitacional es la atracción de dos cuerpos y la atracción gravitacional es la velocidad con la que cae

INFORMANTE \ PREGUNTA	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4
Pregunta E1 N.1	C1	C4 C1.1	C1.1	C1
Pregunta E1 N.2	C1.1	C1.1	C1.2	C1.1 C1.3
Pregunta E1 N.3	C1.1	C.1.1	C1 C4.1	C1
Pregunta E1 N.4	C1.1	C1.1	C2 C4.1	C4.1
Pregunta E2 N.1	C5.1		C5.1 C6	
Pregunta E2 N.2	C5.1	C5 C6	C5.1 C6	C1 C2.1
Pregunta E2 N.3	C6	C3.1	C2 C3 C5.1	C3