



El papel del instrumento en el análisis de la medida del peso: Un proceso de recontextualización

Carmona S. Juan Camilo^a, Mosquera C. Lina Paola^b, Vanegas V. Jessica^c, Medina T. Julián^d

^{a,b,c}Estudiante de Licenciatura en Matemáticas y Física. ^dLicenciado en Matemáticas y Física. Magister en Educación. Asesor de tesis.

ARTICLE INFO

Recibido: 2 de julio de 2015

Aceptado: 19 de julio de 2015

Palabras clave:

Experimentación.
Básica secundaria.
Procesos discursivos.
Construcción colectiva del conocimiento.

E-mail:

oli_mac.1985@yahoo.es
pao.mosquera04@gmail.com
daniela_jessik@hotmail.com
julitch80@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Este trabajo de investigación hace parte de la monografía para optar por el título de Licenciado en Matemáticas y Física (Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia). Está matriculado en la línea de investigación epistemología, historia y enseñanza de las ciencias en el Grupo de investigación ECCE. En nuestro contexto, en algunos casos aún predomina una visión positivista en la enseñanza de las ciencias, por tanto se hace evidente seguir pensando en otras propuestas de enseñanza de la Física, evitando que el estudiante solo haga uso a la repetición de esquemas y al manejo de fórmulas. En este sentido, nuestro trabajo busca explorar una forma alternativa de enseñanza de la Física, centrada en resaltar aspectos de la construcción colectiva del conocimiento dentro del aula, por medio de actividades experimentales. Se propone entonces, el estudio de los procesos de medibilidad de la propiedad peso de los cuerpos, inicialmente por medio de los sentidos y posteriormente con la construcción de un instrumento que permita hacer una extensión de los mismos, dicha construcción permitirá no solamente hablar del fenómeno sino también analizar otros aspectos necesarios como el centro de masa, condiciones de equilibrio, torque, entre otros. Tal proceso de recontextualización, realizado inicialmente por los investigadores, permitió orientar las actividades propuestas para el aula.

Al momento de pensar en la aplicación de este trabajo, se pensó que la mejor forma de estudiar, cómo se resaltan esos aspectos relacionados con la construcción colectiva del conocimiento dentro del aula, mediada con actividades experimentales, era por medio de un estudio de caso instrumental. El caso elegido para el estudio fueron 9 estudiantes de grado décimo de educación básica secundaria, organizados en 3 grupos de trabajo, quienes realizaron su propio proceso de recontextualización por medio de las actividades propuestas.

This research is part of the monograph to opt for a degree in Mathematics and Physics (Faculty of Education, University of Antioquia, in Medellín, Colombia). Is enrolled in the research philosophy, history and science education in ECCE Research Group. In our context, in some cases a positivistic view still prevails in the teaching of science, therefore keep thinking is evident in other proposals for teaching physics, preventing the student alone make repeated use and management schemes formulas. In this sense, our work seeks to explore an alternative way of teaching physics, centered on highlighting aspects of the collective construction of knowledge in the classroom, through experiential activities. It is proposed then the study of the processes of Property measurability weight of bodies, initially through the senses and later with the construction of a tool to make an extension thereof, such construction will not only talk about the phenomenon but also analyze other aspects necessary as the center of mass, equilibrium conditions, torque, among others. Such a process of recontextualization, initially made by the researchers, allowed direct the activities proposed for the classroom.

When thinking in the application of this work, it was thought that the best way to study, how to highlight those aspects of the collective construction of knowledge in the classroom, mediated experimental activities was through an instrumental case study. The case chosen for the study were nine tenth graders of secondary education, organized into three working groups, who conducted their own process of recontextualization through the

I. INTRODUCCIÓN

Es indiscutible la necesidad que se tiene en la educación de plantear formas alternativas que permitan orientar mejor la enseñanza de las ciencias, y más concretamente la enseñanza de la Física.

En cuanto al enfoque que se le está dando a la actividad experimental en el contexto actual, hay una tendencia a usarla como un agente verificacionista y comprobador de leyes, componente importante en el desarrollo del método científico, cuyo objetivo permite la contrastación y por ende la falsación de una teoría, para un desarrollo de la ciencia (Lakatos, 1987). Sin embargo, Gil Pérez & Valdés Castro (1996) y Hodson (1994) sostienen que esta forma de llevar dicha actividad al aula, difícilmente permite un espacio para la construcción y conceptualización de los fenómenos físicos, además que da la imagen de una ciencia acabada, con una verdad absoluta que sólo hay que conocerla y no construirla, evitando desarrollar un espíritu crítico frente a ella.

De acuerdo a esto y a pesar de que diversas investigaciones están promoviendo el trabajo experimental, de una manera que permita el desarrollo del conocimiento, involucrando la ciencia como un constructo social, tal como lo plantean Ayala & Malagón (2004) se habla de un contexto socio-cultural que está incorporado a un grupo humano y de una cultura científica donde se incorpora un grupo de sujetos con hábitos especiales, la enseñanza de las ciencias debe permitir hacer nexos entre ambos, para que permita concebir la ciencia como construcción colectiva dentro de un grupo social; sin embargo, en el aula no se evidencia una acogida al respecto ya que se le está brindando prioridad al manejo de equipos, presentación de informes correspondientes a observaciones y a explicaciones matemáticas o bien, seguir unas instrucciones que al final se convierten en un manual o recetario que pide un producto final, logrando con esto llevar a un segundo plano la adquisición y la comprensión del fenómeno y de los conceptos físicos característicos del mismo (Hodson, 1994, p. 304; Borda & Herazo, 2010).

Por lo anterior, se hace importante realizar un análisis sobre las diversas problemáticas que esto conlleva, entre las cuales tenemos el poco desarrollo conceptual del estudiante a través del trabajo experimental, que radica, muchas veces, en la forma como el docente está abordando los contenidos en el aula sin una estructura que le permita desarrollar procesos de re-contextualización y re-conceptualización de saberes a través de dichos trabajos (Romero, 2011).

A lo que nos referimos con recontextualización de conocimientos es, en concordancia con la teoría de Berstein, (Graizer & Navas, 2011), aquel proceso global de apropiación y distribución de conocimiento entre grupos sociales, donde el conocimiento científico debe sufrir ciertos cambios en la manera de llevarlos al aula. Tales cambios no solo hacen alusión a una reorganización del conocimiento científico, sino también a una manera en que el docente debe llevar su discurso a un punto tal que el estudiante cambie poco a poco su mirada hacia la ciencia y se haga participe de su construcción.

Pero un proceso de recontextualización de conocimientos, requiere que el estudiante desarrolle modos de observar, de relacionarse, de pensar, de hablar, de hacer y en especial la capacidad de unir todos estos aspectos (Arcá, Guidoni & Mazzoli, 1990), lo cual le dará la oportunidad de acceder a una educación para desarrollar hábitos que den cuenta de la necesidad de involucrarse en la construcción de la ciencia.

Dentro de la actividad experimental, el papel del instrumento debe jugar un rol diferente al que comúnmente se le da en el aula. El instrumento debe ser aquel medio que permite llevar al aula una visión diferente de lo que es un fenómeno natural. El proceso de construcción de un instrumento de medida, por muy simple que sea, abre la posibilidad de ir formando un fenómeno, pensar en aquellos aspectos que quizá no surgirían sin la interacción directa con este. La construcción de un instrumento permite también organizar explicaciones respecto al fenómeno que se va formando, permitiendo así que dentro del aula surjan formas de pensar colectivas y por tanto construcción de conocimiento.

En esta línea, consideramos que un fenómeno no debe mostrarse como algo que ya existe, el fenómeno se construye y el instrumento es determinante en tal construcción. Por dicha razón, este trabajo está enfocado en resaltar aquellos aspectos propios de un colectivo de pensamiento y se hará a partir de una temática particular, el análisis del peso de los cuerpos desde una perspectiva local, a través de la construcción de un instrumento que permita tal análisis.

II. PREGUNTA PROBLEMATIZADORA

A partir de lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo el proceso de construcción de un instrumento para estudiar el peso de un cuerpo puede potenciar espacios de discusión donde se resalten las formas colectivas en la construcción del conocimiento?

II.1 Propósito general

Identificar mediante un proceso de recontextualización sobre el estudio del peso, los procesos discursivos donde se resalten las formas colectivas de pensamiento en la construcción del conocimiento.

II.2 Propósitos específicos

- Describir un proceso de recontextualización que oriente el diseño de una ruta estructurada para las actividades propuestas en el aula.
- Identificar, mediante la construcción de un instrumento, las condiciones necesarias para el estudio del peso de un cuerpo.
- Identificar las relaciones discursivas que surgen en el aula durante el proceso de construcción del instrumento.

III. ENFOQUE TEÓRICO

III.1 Sobre los procesos de recontextualización

Los aportes de Basil Bernstein acerca de los procesos discursivos han sido presentados bajo una postura teórica establecida en obras como: *La construcción social del discurso pedagógico* donde toma aspectos relevantes en cuanto a la construcción del discurso relacionando aspectos socioculturales y la argumentación dentro de un entorno social.

Para esto, se tendrá en cuenta un aspecto muy importante y es el papel que se le está dando a la enseñanza de las ciencias, donde se puede percibir la forma como el docente lleva el conocimiento al aula. Este punto trae consigo muchas reflexiones sobre el qué enseñar y cómo hacerlo, de ahí que para nosotros sea necesario hacer énfasis en construir formas alternativas para la enseñanza de este campo de conocimiento, y la manera como creemos que debe ser llevada al aula en estos tiempos donde la ciencia es mirada de forma diferente.

Antes de hablar en el aula de conceptos como peso, centro de masa o equilibrio, se pretende entrar en un proceso de análisis de cómo estos conceptos son utilizados en la ciencia y la forma como son llevados al aula, como forma de comprensión de algún fenómeno. Así pues, el modo en que se presenta el discurso en el aula por parte del docente e incluso del mismo estudiante acerca de cómo concibe dichos conceptos se hace relevante, pues muchas veces las concepciones de algo cambian dependiendo del contexto. El proceso por el cual se da un discurso, según el contexto, reorganizándose dentro de un espacio pedagógico, es llamado recontextualización. Al respecto, Bernstein (1981) la define como el movimiento de los textos, prácticas del contexto primario de producción discursiva al contexto secundario de reproducción discursiva.

Cuando se inicia un proceso de recontextualización es claro tener definido el discurso a dar en el aula, teniendo en cuenta el valor de lo social y lo cultural pues son raíces que no deben dejarse de lado y más cuando son entes que determinan al sujeto y sus relaciones con el entorno. En este sentido, para que un sujeto pueda construir un discurso

acerca de la construcción de un conocimiento, se hace importante involucrarse en las reflexiones que surjan con respecto al fenómeno, es decir, que ese discurso pueda ser mediado por la actividad experimental. Puede resultar más enriquecedor hablar de un fenómeno cuando se experimenta, cuando se reflexiona y cuando se pone a disposición todo el conocimiento adquirido para ello, que sólo mostrar el contenido de un libro de texto.

III.2 La experimentación en la clase de Física como escenario para la construcción del conocimiento colectivo

Como es sabido, la actividad experimental ha pasado por un recorrido histórico, epistemológico y evolutivo, donde se resalta que para la enseñanza de la Física el experimento cumple un rol determinante, entendiendo este como el espacio donde se desarrollan habilidades como la observación, la descripción, la búsqueda de soluciones y explicaciones a diversos problemas y fenómenos que queremos estudiar; es un espacio de exploración, de interacción y reflexión sobre los fenómenos.

Es claro que desde que se nace, ya se está teniendo contacto con un mundo lleno de sucesos que no tienen explicación hasta que no se exploran a fondo, hasta que no se convierten, por así decirlo, en objeto de estudio, además partiendo de que inicialmente éste hace parte del conocimiento común de un grupo de personas que también han reflexionado sobre el mismo y que a su vez cada uno va formando, a partir de su experiencia con el fenómeno su propia representación, buscando continuamente explicaciones a esos fenómenos del mundo que nos rodea.

La orientación hacia las ciencias está enmarcada en la mera asimilación y aplicación de fórmulas en problemas de lápiz y papel, dificultando la construcción y haciendo de lado actividades que son más de corte práctico, vivencial y más común para el estudiante; de acuerdo con esto, Daniel Gil Pérez y otros (1999) afirman que la separación de lo práctico con lo teórico puede constituir un serio obstáculo para una efectiva renovación de la enseñanza de las ciencias.

Como lo resalta Guidoni, es evidente que para acceder a la construcción de un conocimiento científico, es necesario tener en cuenta el conocimiento común, es decir, nunca accedemos al conocimiento sin ningún elemento construido anteriormente, lo importante es articular los conocimientos que se poseen con los que se adquieren en el proceso de construcción del conocimiento.

Ahora bien, al involucrarse en esa construcción, se hace alusión no solo a lo que el conocimiento científico ofrece, sino también a la configuración de representaciones causadas por la misma interacción con el mundo y los sujetos de la sociedad.

III.3 Sobre el discurso y su relación en la construcción del pensamiento científico: una mirada de Latour y Woolgar desde la Antropología de las Ciencias

Latour & Woolgar (1995), en su libro *La vida en el laboratorio: La construcción de los hechos científicos*, tienen como propósito descubrir aquellos aspectos que son propios de una cultura dentro de la actividad científica. Así pues, estos autores sostienen que los científicos dentro de su actividad están en un constante debate, además que entre ellos prima el papel de convencer y ser convencidos a partir de las construcciones discursivas que hacen referentes a cierto fenómeno y que una vez aceptadas, se dan como hecho.

Cabe resaltar que Latour & Woolgar pretenden en su trabajo dar una mirada distinta a la actividad científica y propenden por resaltar aspectos que trascienden dentro de las dinámicas del laboratorio. En este punto, Latour argumenta que una persona dedicada a la actividad científica, como otra que no lo está, como un antropólogo por ejemplo, construyen entre ambos conocimiento científico y que son los elementos propiamente culturales los que permiten tal relación, dando así predominio a las formas de comunicación y al lenguaje un papel relevante en un ambiente sociocultural.

Dentro de la actividad científica, no sólo la observación, experimentación y análisis hacen parte de este quehacer, sino que también la producción literaria es un común dentro de esta actividad y es por esto que Latour & Woolgar se refieren a estos tipos de producción como Instrumentos de Inscripción gráfica, haciendo alusión al

instrumento como ente que permite las construcciones literarias como forma de comunicación con ellos mismos y con la comunidad en general. En este sentido, son los elementos del instrumento, o una configuración de los mismos, que pueden transformar una sustancia material en una gráfica o diagrama que pueda ser utilizable para los científicos en un estudio determinado.

De esta forma, los instrumentos de inscripción gráfica, vistos desde esta perspectiva, son construcciones supeditadas a los procesos discursivos, siendo estos además sometidos a discusión dentro de la actividad científica. Las inscripciones gráficas, en su mayoría, son generadas por los instrumentos con los que se analiza cierto fenómeno y que se discutirán posteriormente bajo determinada teoría.

Dentro de esta línea, destacamos a Bachelard (1975), quien concibe a esta forma de utilización del instrumento como fenomenotecnia, en donde es el instrumento quien organizado para determinada función permite hablar de aquello que dentro de las gráficas, inscripciones y datos, se está observando. Bachelard hace énfasis en la importancia del instrumento como algo que trasciende de la mera medición, al comentar que la utilización de los instrumentos de inscripción, una vez que se dispone del producto final, se olvidan todas las etapas intermedias que posibilitaron su producción.

Con estas consideraciones dadas desde los trabajos de Latour & Woolgar es posible establecer una relación estrecha entre la actividad propia del científico y el papel que se le da al lenguaje en este campo, siendo el instrumento el intermediario en esta relación.

IV. ENFOQUE METODOLÓGICO

IV.1 Perspectiva metodológica

En el contexto de la enseñanza de la Física, los estudiantes son parte activa en la construcción del conocimiento. En consecuencia, son los actores principales en las investigaciones correspondientes a esta, por lo tanto, al establecer las particularidades de cada uno de los agentes, se evidencian múltiples variables, lo cual ofrece gran campo de acción. De este modo, al querer caracterizar a cada uno de los agentes dentro de la investigación, es necesario que este estudio se realice bajo un paradigma cualitativo, ya que este nos permite una individualización del objeto o fenómeno de estudio por medio de características exclusivas, además de centrar el análisis en descripción de dichos fenómenos y no en la medición de variables como magnitudes medibles (Cerdeña, 2011).

Acorde a lo anterior, y dado que el propósito de esta investigación hace referencia a desarrollar actividades que propendan la experimentación en la clase de Física, se centrará en analizar cómo surge la construcción colectiva de la propiedad peso de un cuerpo a partir de actividades grupales, que a su vez permita construir procesos de medibilidad de las propiedades, y desde allí identificar qué tipo de relaciones e imágenes de ciencia surgen al momento de involucrar al estudiante en estas actividades.

IV.2 Muestra y contexto

El caso a estudiar tiene un interés particular y su relevancia radica en analizar cómo el proceso de construcción de un instrumento para estudiar el peso de un cuerpo posibilita en los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Francisco Miranda (Medellín, Antioquia) potenciar espacios de discusión y a su vez construir conocimiento de forma colectiva.

Para nuestro estudio se tendrá la participación de 3 grupos de estudiantes, conformados cada uno por 3 estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Francisco Miranda, ubicada en el municipio de Medellín, elegidos mediante parámetros descritos posteriormente; ya que sectores como la educación están integrados por personas, que se asemejan y difieren en muchos aspectos, y que a su vez, a través de su vida construyen su

conocimiento a partir de la interacción con el medio, reflexionando sobre lo que sus sentidos le muestran y lo que los grupos sociales le ofrecen, es decir que construyen su conocimiento de manera colectiva, y este estudio permite particularizar cada uno de estos casos, cada uno de los grupos (Stake, 1998).

La institución es de carácter oficial, ubicada en el municipio de Medellín, por su ubicación centralizada, ofrece facilidad de acceso a los investigadores, además que se encuentra en medio de un contexto social diverso, rodeada de zonas de estratos 1,2 y 3, alberga estudiantes correspondientes a básica primaria, básica secundaria y media. Tal y como se expresó anteriormente y dado lo propuesto en los planes de estudio con respecto a la formación en Física, la investigación se realizará particularmente en el grado decimo, que cuenta con un total de 78 estudiantes matriculados en dos grupos, cada uno conformado por total de 39 estudiantes, en edades comprendidas entre los 15-18 años.

La selección de los participantes se realizara conforme a la intencionalidad de los investigadores, bajo los siguientes criterios: la disposición en la clase, el interés por participar en las actividades propuestas, la coherencia en el discurso hablado y escrito y la actitud frente al trabajo colaborativo (en grupos); estos criterios se hacen relevantes dentro de nuestro caso pues, según nuestros intereses y acorde a lo que plantea Stake (1998).

Para el pleno desarrollo de esta investigación se estimó un tiempo aproximado de 18 meses, repartidos en 3 semestres, en los cuales se llevaran a cabo la identificación del problema y el diseño de la propuesta; la planificación, elaboración y aplicación de los instrumentos en el aula y finalmente, el análisis y la elaboración de los informes para la exposición de los resultados obtenidos.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

Para la intervención en el aula se designan 3 fases, relacionados de la siguiente manera:

FASE 1: en esta fase se tendrá como propósito primordial la planificación y definición de los criterios de selección, al igual del tiempo que se destinará para este, de igual forma se realizará el diseño y organización de los instrumentos que se pretende llevar al aula, cuya estructura permitirá mantener un enfoque de tipo cualitativo, además de la concepción que se tiene de ciencia.

FASE 2: en esta fase se efectuaran las primeras intervenciones en el aula, las cuales se desarrollaran con base en los siguientes momentos (Tabla I).Al finalizar cada sesión se analizaran los resultados obtenidos.

FASE 3: en esta fase se realizará el diseño de los instrumentos de análisis de resultados obtenidos durante la intervención en el aula, la triangulación y organización de los mismos, al igual que la elaboración del informe.

TABLA I. Momentos de la intervención.

| MOMENTOS | ACTIVIDADES | PROPÓSITOS |
|--|---|---|
| Elección de grupos para el estudio de caso | Sesión 1 Observación no participante Sesión 2 Actividades de indagación <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista grupal Semi-estructurada. • Actividad Experimental 1: Identificación de las propiedades medibles de los cuerpos Socialización de las actividades | Se pretende, a partir de las actividades recoger la información para analizar la posibilidad de elegir 3 grupos de estudiantes que muestren: <ul style="list-style-type: none"> • Interés y disposición frente las actividades • Participación en clase • Autorización del acudiente |

| | | |
|--|--|---|
| <p>Comparación y Ordenamiento de pesos de cuerpos por medio de los sentidos</p> | <p>Sesión 3</p> <p>Actividad Experimental 2: Analizando las propiedades comparables y ordenables</p> <p>Socialización</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar cualitativamente el papel que cumplen nuestros sentidos al momento de observar ciertas propiedades de los cuerpos. • Analizar las formas y estrategias que utilizan los grupos para clasificar cuerpos con peso no muy notable para los sentidos. • Resaltar la necesidad de ir más allá de los sentidos, con la construcción de un instrumento que permita perfeccionar los procesos al momento de comparar y clasificar los pesos de los cuerpos. |
| <p>Construcción de un instrumento para la clasificación de los cuerpos según el peso</p> | <p>Sesión 4</p> <p>Actividad Experimental 3: construcción de instrumento para el ordenamiento del peso de los cuerpo</p> <p>Socialización</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los procesos y criterios necesarios para el estudio del peso de los cuerpos en la construcción del instrumento. • Resaltar la necesidad de establecer consensos y tomar mediciones al momento de realizar el proceso de medición |
| <p>Acercamiento al proceso de cuantificación y la necesidad de los consensos</p> | <p>Sesión 5</p> <p>Actividad Experimental 4: comparación de peso de los cuerpos con una unidad patrón – Proceso de medición</p> <p>Socialización</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Comparar los resultados de las medidas de cada grupo de un cuerpo con el mismo peso, de acuerdo a la unidad patrón que cada grupo estableció. • Analizar las relaciones que se dan en los grupos para instaurar una unidad patrón, basados en los procesos discursivos que se dan en cada grupo. • Despertar la curiosidad viendo la posibilidad de construir una balanza que tenga mejores resultados al momento de medir el peso de un cuerpo. |
| <p>Cierre: Reflexión y análisis de la información recogida</p> | <p>Sesión 6</p> <p>Socialización: reflexión de todo el proceso , discusión grupal</p> <p>Análisis de la información recogida e informe</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Discutir, después de realizar todas las actividades los resultados obtenidos y los aprendizajes que quedaron. • Analizar las actitudes de los estudiantes frente a los resultados. • Estudiar el caso, a partir de los datos obtenidos |

IV.1 La balanza como extensión de nuestros sentidos para el ordenamiento del peso, un proceso de recontextualización

En la clase de Física, muchas veces se habla de peso y los discursos presentados en el aula dan cuenta de ello como la propiedad de un cuerpo o como el producto de una interacción entre un cuerpo y la Tierra misma. Desde un punto de vista general, a nivel formal (la ciencia) se concibe el peso de un cuerpo como la fuerza que se da producto de una interacción. Existe una relación directamente proporcional entre la masa de la Tierra y la masa del cuerpo en cuestión e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

$$F=G (M_t m)/r^2$$

Visto esto desde un punto más riguroso, el peso de un cuerpo no depende solamente de la masa de la Tierra y de la distancia a la que se encuentre del centro de masa de la misma, sino también del punto donde se encuentre con respecto al eje de rotación donde, la fuerza centrípeta (debido a la rotación de la Tierra) influye en la medida del peso del cuerpo, además de la interacción con el Sol y los otros astros que de una u otra forma influyen en el cuerpo.

Desde esta perspectiva, no pretendemos definir de una manera formal lo que se llama peso o lo que se llama masa, pues nuestro interés en la investigación trasciende de formalismos en torno a definiciones.

En nuestro contexto, la definición del peso resulta ser producto de algo más local y al ser un asunto local, la cuestión de peso y masa resultan ser invariantes, pues la masa depende también de la gravedad, por tanto lo que suceda con la masa, sucede también con el peso.

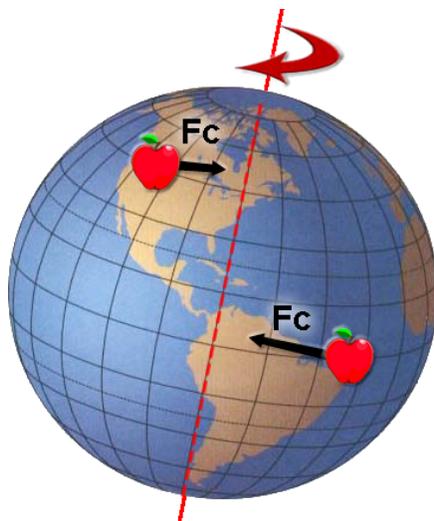


FIGURA 1. Fuerza de gravedad terrestre para dos objetos, situados en diferentes lugares del globo.

Además de esto, es común usar la palabra peso cuando en realidad se está refiriendo a la masa y nuestro interés no está centrado en cambiar la definición, ni mucho menos en definir que es el peso o la masa.

Para el desarrollo de esta investigación, partiremos con definir el peso como una propiedad que se le da a un cuerpo, observada a partir de la interacción con él y que se puede percibir cuando se intenta levantar o sostener en las manos.

Dicha interacción con el cuerpo permite entonces analizar esa propiedad que se puede percibir más en un cuerpo que en otro y que para nuestro caso es de interés particular resaltar aquellos procesos de medibilidad por los que pasamos al analizar la propiedad peso de un cuerpo.

Tal propiedad incluso puede ser medible y existen variedad de instrumentos diseñados para ello, pero todo se resume a eso, a una simple medición, obviando todo el proceso por el que pasó el instrumento de medida y las etapas intermedias que posibilitaron su construcción, para llegar a concebir lo que se entiende por peso, descartando así el potencial que existe en tal proceso de construcción para un discurso en el aula tanto del docente como del alumno.

Para reflexionar en torno a la medida del peso, se ha de tener en cuenta un aspecto que resulta relevante y que ha sido partidario a las tendencias del discurso acerca de lo que se entiende por peso: el instrumento.

Todos los instrumentos tuvieron una historia de constitución y casi que son en términos de Bachelard que hablaba de prácticas y teorías “rectificadas”, es casi una materialización de la teoría, pero una vez se utiliza, como que se olvida. La idea de la educación en ciencias es mostrar esa dialéctica y mostrar cómo es ese proceso de construcción que también puede darse. Ninguno de los fenómenos sobre los que se hablan podría existir sin él (Romero, 2013).

Por dicha razón, antes de hablar de peso es importante sentar condiciones para probar que efectivamente esa propiedad llamada “peso” que tiene un cuerpo es medible, que se necesita un instrumento para su medición y que la construcción de tal instrumento permite elaborar un conocimiento de dicha propiedad. En la clase de Física, muchas veces se habla de peso y los discursos presentados en el aula dan cuenta de ello como la propiedad que existe en un cuerpo o como el producto de una interacción entre un cuerpo y la Tierra misma; para el desarrollo de esta investigación, se partirá de la definición del peso como esa propiedad de un cuerpo que me permite identificarla al alzarlo y ver que entre más tiene de esa cualidad, más dificultad me resulta sostenerlo o alzarlo. Tal propiedad incluso

puede ser medible y existen variedad de instrumentos diseñados para ello, pero todo se resume a eso, a una simple medición, obviando todo el proceso por el que pasó el instrumento de medida y las etapas intermedias que posibilitaron su construcción, para llegar a concebir lo que se entiende por peso, descartando así el potencial que existe en tal proceso de construcción para un discurso en el aula tanto del docente como del alumno.

IV.3 Los sentidos

Cuando se tiene cierto cuerpo y se pretende describir o cualificar, se observa que posee ciertas características y que se le atribuyen como propias; por ejemplo, que tiene cierto tamaño, forma, color, entre otras, que pueden ser percibidas por nuestros sentidos. Cuando se entra luego a especificar características comunes entre varios cuerpos, se podría pensar en analizar estas propiedades como un factor que se puede comparar, de ahí que se le asigne un significado. De manera que al realizar una descripción de varios cuerpos, se establecen ciertas relaciones o diferencias, como por ejemplo, un cuerpo es más oscuro que otro, o más grande (en términos de volumen), o más pesado, entre otros.

Dichas relaciones entre propiedades asociadas a los cuerpos podría permitir entonces establecer clasificaciones según categorías: color, tamaño, peso, olor, etc. Cuando hablamos de peso, por ejemplo, podríamos preguntarnos si al comparar dos o más cuerpos, hasta dónde es posible llevar tal proceso ¿será posible cuantificar tal propiedad? Y si es así ¿qué procedimiento será necesario para llegar a medir el peso de un cuerpo?

Al respecto Romero (2002) le da un sentido más profundo a tal propiedad concibiéndola como magnitud susceptible de asignársele un valor numérico, identificando así un proceso de medición. Así pues, a un peso determinado se le puede asignar una cifra numérica la cual representa el valor de tal propiedad. Sin embargo, tales implicaciones en el proceso de medición son pocamente tenidas en cuenta en la enseñanza de las ciencias.

Por otra parte Campbell (1921) argumenta que las propiedades que son medibles de un cuerpo tienen, de alguna manera, que parecerse a la propiedad de ser un número, ya que pueden representarse bajo condiciones propias de dichos símbolos (las cifras). En este sentido, dado que al peso se le puede asignar un valor, se puede determinar teniendo en cuenta ciertos criterios que permitirían establecer relaciones de orden (si es mayor, menor o igual) y por tanto categorizar según dicha propiedad.

Lo anteriormente citado hace relación a establecer aquel proceso de medibilidad necesario para llegar a concebir la propiedad peso como magnitud. En principio, el uso de los sentidos es el primer elemento que marcará el papel de instrumento dentro del proceso de medibilidad, además que son los sentidos los que permitirán establecer criterios comunes para el ordenamiento del peso de los cuerpos de manera colectiva en un entorno social, mediados por la experiencia y el conocimiento impartido en un contexto determinado.

Acorde a lo anterior, se le da el papel de instrumento a los sentidos no sólo porque permiten establecer diferencias entre pesos, sino también porque el proceso de ordenar a partir de los sentidos está mediado por las relaciones sociales y la experiencia que se tiene y que son comunes como forma de analizar tal propiedad.

Hay ciertas características que pueden permitir a los sentidos clasificar u ordenar los cuerpos bien sea por las notables diferencias entre sus propiedades, aunque hay ciertos factores que se deben tener en cuenta en el análisis y por tanto se hace necesario la utilización de otros mecanismos que ayuden a dichos sentidos a aumentar la capacidad de percepción, minimizando aquellas dificultades que puedan surgir al momento de ordenar. Al respecto, Mach (1948) afirma que los sentidos han dado una proporción directa a los seres humanos para dar una concepción propia de la naturaleza antes del empleo de las herramientas. Pero la mera utilización de los sentidos no es suficiente, se ha hecho necesaria la utilización de ciertos dispositivos (instrumentos), considerados estos como prolongaciones artificiales de los sentidos.

El uso de nuestras manos como primer instrumento para analizar el peso de un cuerpo, normalmente funciona bajo ciertos criterios previamente establecidos, como por ejemplo, la dificultad que se presenta al alzar el cuerpo y que este mismo efecto se percibe más en unos que en otros. Lo interesante del uso de nuestras manos es que nuestros sentidos pueden percibir las diferencias de peso con un par de cuerpos analizados simultáneamente, bien sea de más peso o de menos peso.

El uso del instrumento es pensado entonces como forma de mejorar la sensibilidad de los sentidos y para esto deben pasar por criterios para su construcción y funcionamiento. Así mismo, ese proceso de construcción pasa por unas etapas en donde inicialmente se hace un análisis mental, verificando su uso tal y como lo hacen nuestros sentidos, para que finalmente éste pueda lograr nuestros propósitos de estudio con el fenómeno. Por dicha razón, si el dispositivo construido no posibilita una forma de extensión de los sentidos, no puede considerarse instrumento y pasa a ser un simple artefacto.

La idea de instrumento viene mediada entonces por el proceso de construcción del artefacto, cuando su funcionamiento responde a lo que se quiere, el conocimiento y la experiencia que se tiene y es la combinación de todos estos factores que permiten que el instrumento como tal exista.

Así pues, ese tránsito que se da de utilizar a los sentidos como primer instrumento que permite hacer un análisis de la naturaleza, al proceso de construcción y uso de un instrumento que promueva por una extensión de los sentidos, puede dar paso a la idea de un nuevo artefacto que pueda mejorar la sensibilidad del instrumento anterior, pudiéndose dar una especie de proceso cíclico entre artefacto e instrumento, pero todo esto debió pasar por un conocimiento y una experiencia previa.

El hecho de que el artefacto no sea instrumento, sino los conocimientos y los procedimientos que se tienen para que funcione, implica que el instrumento no es ajeno al sujeto o a un grupo de sujetos. Entonces, si un instrumento determinado va a ser compartido por un grupo de personas, cabe resaltar que no solo se comparte el artefacto, sino también todos los conocimientos que van asociados a dicho artefacto, dando como resultado todo un proceso de transmisión social y cultural de conocimiento a través del instrumento.

IV.4 El proceso de ordenación

Varios cuerpos por ejemplo, pueden ser ordenados según su peso con sólo colocarlos uno a uno en la mano y saber cuál da más dificultad de levantar, y desde allí establecer condiciones para un ordenamiento, ya sea del más liviano, al más pesado.

Hasta este momento se puede pensar que esa forma de ordenar los cuerpos es efectiva, dado que la percepción permite que lo veamos así, lo cual puede dar como resultado un rango en el que los sentidos puedan ordenar de una manera plausible. El asunto se puede hacer más complejo, cuando la diferencia de peso entre los cuerpos están dentro de un rango menor a lo que los sentidos pueden percibir, es aquí donde se hace necesaria la construcción de un instrumento o algo que permita hacer una extensión de nuestros sentidos y reducir el margen de error, para que se puedan estandarizar unos criterios para la clasificación de los cuerpos según su peso.

IV.5 El rol del instrumento en el proceso de ordenamiento

Cuando se inicia un proceso de ordenamiento, se deben tener en cuenta qué propiedades se le pueden atribuir a los cuerpos sin importar la composición de éste, como su longitud, su peso o su volumen e incluso preguntarse si dichas propiedades son medibles.

Para saber si dichas propiedades son ordenables, es necesario establecer ciertos criterios que darán cuenta de cómo fue el proceso de ordenamiento:

Supongamos por ejemplo, que se tienen cuatro cuerpos A, B, C y D y necesitan ser ordenados de mayor a menor peso, se tiene también que la diferencia de peso entre ellos no es perceptible por nuestros sentidos. Para esto, se piensa que es necesario aumentar la percepción a la que nuestros sentidos están acostumbrados, a partir del diseño de un instrumento que sirva de extensión a lo que ellos perciben como peso.

Tal instrumento de medida debe dar cuenta no sólo del ordenamiento de esa propiedad, sino que también permita identificar el peso como una propiedad que se puede medir. Además de esto, es necesario establecer las condiciones que permitan que el funcionamiento de ese instrumento dé cuenta de nuestro objetivo y durante su construcción,

reducir el rango a variables que alteren el proceso de ordenamiento, de manera que haya seguridad en que lo que se está ordenando es el peso y no otros factores generados como consecuencias de dichas variables. Por tanto se establecerían los parámetros para saber cuál sería la forma de construirlo y de calibrarlo.

Si se hace un proceso de experimentación mental de la construcción del dispositivo, se simplificarían ciertos aspectos de los materiales a utilizar. Así pues, el dispositivo a construir debe ajustarse a los criterios y a la forma como nuestras manos ordenan el peso de los cuerpos y por ello el dispositivo pensado estará compuesto de un brazo. El brazo del instrumento se consideraría uniforme en todas sus partes, los platos totalmente iguales, y la ubicación del punto de apoyo para el brazo exactamente en la mitad. Como estas condiciones son ideales, el uso de la geometría sería útil al momento de la construcción del instrumento. Pero la mera idealización geométrica hace obvias ciertas condiciones y estas no se tienen en cuenta en un proceso mental.

Esto es a lo que Renea (1964) llama “caso absoluto”. Cuando se entra en consideración esos aspectos como la uniformidad del brazo, la ubicación del punto de apoyo, entre otros, en el momento de la construcción del instrumento hay que considerar algunas variables que surgen a partir de dicha construcción, aspecto que algunos llaman “caso compuesto” (Renea, 1964).

Así pues, es de resaltar que el mero proceso de experimentación mental no satisface una situación real. Como lo afirma Mach (pg. 166), si la experimentación mental no nos conduce a ningún resultado bien determinado, antes de dar un salto a la experimentación Física se tiene la costumbre de dar resultados a priori y a partir de ello tomar determinaciones. Por tanto, la experimentación mental asienta las bases para una experimentación Física. Este aspecto resulta relevante cuando en la fabricación del instrumento se omiten factores que en un momento real generan grandes obstáculos, como son la fuerza de fricción, fuerza aplicada, centro de masa, centro de gravedad, condición del punto de apoyo. Por esta razón, para que el caso compuesto sea evidente en el proceso experimental, se entra primero a analizar las condiciones de equilibrio desde el caso absoluto:

Se toma como punto de partida un principio supuesto, el cual afirma que la fuerza aplicada en un lado del brazo está en una proporción inversa a las distancias que separan el punto de apoyo de cada medida de los brazos, donde se entra a un concepto directo de palanca (Rodríguez y Romero, 1999).

En la Figura 2 se puede ilustrar de una manera somera tal principio expuesto alguna vez por Arquímedes, en el que profundizaremos más adelante:

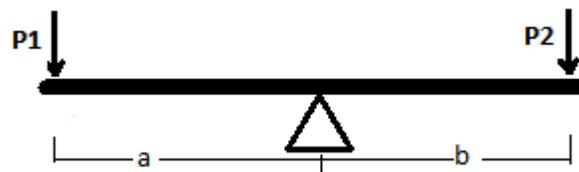


FIGURA 2.

Donde $P1$ y $P2$ son las fuerzas aplicadas a ambos lados del brazo; a y b las distancias de $P1$ y $P2$ al punto de apoyo del brazo respectivamente, por tanto:

$$P1 \propto 1/a \text{ y } P2 \propto 1/b$$

y así:

$$P1/b = P2/a$$

En la Figura 3, AB es un brazo sólido y homogéneo, suspendido por dos cuerdas iguales HA , IB . C es el punto medio de la barra, de modo que el brazo suspendido de ese punto estará también en equilibrio porque el peso de un lado es igual al peso del otro lado, esto por el principio supuesto anteriormente. Así pues, los hilos HA , IB pueden ser reemplazados por el hilo C .



FIGURA 3.

Geoméricamente, puede notarse que tanto en la primera parte de la figura como en la segunda, hay un paralelismo del brazo respecto a la base donde se sostiene el hilo.

En condiciones ideales, dicho paralelismo sería clave para establecer la condición de equilibrio del instrumento, pero en la construcción real del instrumento, este aspecto carecería de relevancia:

Si la barra HI que sostiene los hilos HA e IB , se desnivelara respecto al suelo, ya no habría un paralelismo entre el brazo AB y la barra HI . Pero, al momento de la calibración del instrumento sí es necesaria principalmente la nivelación del brazo respecto al suelo, quedando así esta condición como primer criterio para tal calibración. En el momento de colocar los platos a cada extremo del instrumento, se ha de tener en cuenta también la consideración de igualdad de condiciones, en cuanto a forma y tamaño, entre otros, con el propósito de que la primera condición de equilibrio y el supuesto anterior sigan cumpliéndose al momento de anexar los platos al brazo, aislando así aspectos que no se han de analizar.

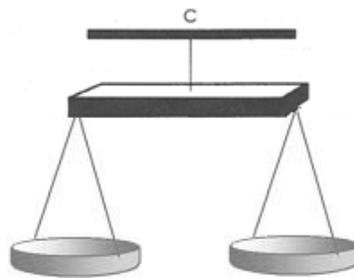


FIGURA 4.

Como nuestros sentidos visuales también pueden engañarnos al establecer la primera condición de equilibrio en el instrumento, se agrega un elemento más que elimine o disminuya el factor de error visual, un indicador que asegure el paralelismo entre el brazo y el suelo (nombraremos este estado como el estado inicial o de equilibrio del instrumento).

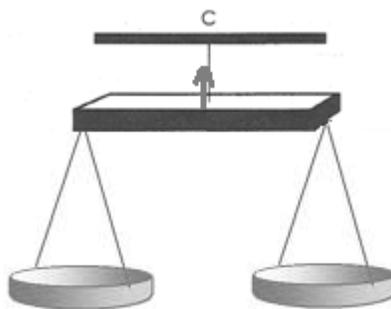


FIGURA 5.

De esta primera condición y en el momento de iniciar el proceso de ordenamiento de los cuerpos *A*, *B*, *C* y *D* según su peso, colocándolos a igual distancia de cada lado del instrumento, puede ocurrir ciertos casos concretos: una inclinación hacia el lado izquierdo o derecho del instrumento, o que no haya inclinación alguna, es aquí donde se puede iniciar un proceso de ordenamiento. Los criterios serían (Romero, 1999):

Consideramos que dos cuerpos tienen el mismo peso cuando, puestos en los platillos opuestos, ninguno de los dos tiende a bajar, es decir, cambiar el estado inicial del instrumento; y dos pesos se consideran sumados (respecto del peso) cuando se colocan ambos en el mismo platillo del instrumento.

Si el cuerpo *A* equilibra al cuerpo *B* y *B* equilibra a *C*, entonces *A* equilibra a *C*.

Si el cuerpo *A* equilibra al cuerpo *B*, y *C* equilibra a *D*, entonces *A* y *C* colocados en un mismo platillo equilibrarán a *B* y *D* colocados juntos en el otro platillo.

Cuando el brazo del instrumento se inclina hacia el lado izquierdo, por ejemplo, y teniendo en cuenta el supuesto de que la fuerza aplicada en un lado del brazo está en una proporción inversa a las distancias que separan el punto de apoyo de cada medida de los brazos, puede concluirse que el objeto ubicado al lado izquierdo está ejerciendo mayor fuerza en esa parte del brazo, y por tanto, mayor es su peso.

El criterio para la inclinación hacia el lado derecho es semejante al criterio 4.

Hasta el momento se ha tenido en cuenta la mera idealización geométrica, que es base para un inicio en el proceso de experimentación. Hay ciertos factores que ponen en cuestión el funcionamiento correcto del instrumento, entre ellos está: si el brazo que se utilizará puede tener cualquier medida (cuán largo o corto puede ser) o, si la medida influye notablemente al momento de darse el equilibrio; la forma de los materiales puede ser un punto también de análisis, en base a un proceso de observación y exploración, si el tamaño o forma influyen en el proceso de medida. Para esto, como lo plantea Mach (1948, p.172), a través de solo razonamientos, no se pueden completar ciertos procesos, es necesario pasar a la experiencia Física y esto solo se puede hacer a través de un instrumento.

Es difícil dar una afirmación que cierta organización de materiales puede constituir un instrumento óptimo, hay que tener en cuenta que hay procesos ligados a él. Así pues, como se mencionó anteriormente, en el proceso de medida del peso en esta parte cobra un interés especial, pues dado que nuestros sentidos funcionan hasta cierto rango, y cuando los factores a analizar poseen condiciones o características similares, se hace necesario un instrumento que dé cuenta, no sólo del proceso de clasificación, sino también en establecer procesos de medida cada vez más precisos. Por ejemplo, cuando se propone la construcción del instrumento anterior, dicho proceso está ligado a un interés específico, como es el de ordenar.

IV.6 La propiedad peso como magnitud

Hasta este punto, el instrumento construido puede servir de manera adecuada para el ordenamiento de los cuerpos.

Durante su construcción se han disminuido la mayoría de variables posibles que puedan afectar dicho proceso como son centro de masa, la misma gravedad, la igualdad de condiciones a ambos lados del brazo y la forma de los cuerpos. Pero la forma de construcción del instrumento puede cambiar de acuerdo a lo que se pretende. Si en este caso

no sólo se desea saber si un cuerpo es más pesado que otro y ordenarlo según dicha característica, sino también, saber si los cuerpos son comparables, esto es, saber qué tanto es más pesado uno respecto al otro, es necesario establecer ciertas condiciones como por ejemplo una unidad patrón, por lo que se necesitan otras formas de analizar, por el momento verificar si el instrumento hasta ahora construido puede servir también para tal objetivo.

Cuando hay una diferencia mínima de peso en dos cuerpos, el instrumento construido puede notar esa diferencia, no perceptible para nuestros sentidos. Pero al momento de un resultado de carácter cuantitativo respecto a la comparación entre dos cuerpos, ya el instrumento deja de servir, pues su funcionamiento está ligado bajo un análisis particular del equilibrio, esto es, que deja de haber movimiento en el instrumento, sólo cuando uno de sus lados ha hecho contacto con el suelo. Por tanto, independiente de la diferencia de peso, siempre ocurrirá tal evento.

Hasta este punto hay que hacer entonces cierto cambio en el instrumento: las condiciones de igualdad entre los platos y el tamaño de los brazos no deben cambiar, pues dichas condiciones asegurarán que lo que se está analizando no es más que el peso, al menos hasta este punto. Qué ocurriría entonces si cambiamos las condiciones del punto de apoyo?

Ahora se procede a experimentar qué ocurre si el punto de apoyo deja de estar en el centro de masa del brazo (Figura 6) y ahora se coloca un poco más arriba (Figura 7):



FIGURA 6. Puntos de apoyo



FIGURA 7. Variación en el punto de apoyo

Realizando los mismos procedimientos anteriores para la estabilidad en el instrumento, si el punto de apoyo del instrumento deja de estar en su centro de masa, se observa que cuando el brazo se encuentra en equilibrio (no movimiento) y se le da un pequeño empujón a uno de los lados del brazo, el brazo vuelve a su posición original. Así pues, el análisis del equilibrio en este punto cobra un sentido más profundo, por lo que habrá que analizar qué tipo de equilibrio se está presentando aquí, que difiere en el tipo de equilibrio cuando el punto de apoyo estaba en su centro de masa, donde el brazo dejaba de moverse independiente de la posición en que estuviera (cuando había igualdad de condiciones a ambos lados), tal como se muestra en la Figura 8 (a, b y c).



FIGURA 8(a). Cuando el punto de apoyo está en su centro de masa, se observa que el instrumento no hay movimiento.



FIGURA 8(b y c). Cuando se le da un pequeño empujón a uno de los lados del brazo del instrumento, habiendo estado en equilibrio, se observa que queda inclinada debido al empujón, estando todavía en equilibrio, pues no hay movimiento.

Hasta este punto se había analizado de manera somera el papel que jugaba el equilibrio en el instrumento construido anteriormente, y sólo se observaba que había equilibrio cuando el brazo del instrumento no se movía. Cuando las condiciones del punto de apoyo cambian, cambia también la forma como se analiza el equilibrio:

Cuando el punto de apoyo del instrumento estaba justo en su centro de gravedad y el peso a ambos lados del brazo era el mismo, se observaba que el brazo quedaba en equilibrio, aunque había una particularidad: en cualquier posición que se encontrara el brazo del instrumento se presentaba la situación de equilibrio (no movimiento). Este tipo de equilibrio es a lo que autores como Castañer y Camerino (2007) llaman equilibrio “indiferente”.

Cuando el punto de apoyo del brazo deja de coincidir en su centro de masa, quedando un poco más arriba, se observa que hay una tendencia del brazo a volver a su estado original. Tal y como se mencionó antes, cuando el brazo se encuentra en equilibrio quedando horizontal respecto al suelo, al dar un empujón a uno de sus lados, el brazo se inclina, pero vuelve de nuevo a su posición original. Tipo de equilibrio al que denominaremos “equilibrio estable” y que se podría aprovechar para una cuantificación del peso.

Así pues, sin dejar de lado el proceso de ordenamiento de los cuerpos según su peso y teniendo en cuenta este segundo estado de equilibrio (equilibrio estable) presentado en este nuevo punto de apoyo del brazo del instrumento, se puede pensar en plasmar los criterios para un ordenamiento de pesos tal y como se hizo con el instrumento sin la modificación del punto de apoyo, además de establecer otros criterios que fundamentarán la propiedad peso como una magnitud:

IV.7 Primer criterio de ordenamiento de los pesos

Tal y como se estableció anteriormente, diremos que un cuerpo cuyo peso es $P1$ es IGUAL al peso $P2$ de otro cuerpo si al colocarlos a ambos lados del instrumento, este no muestra tendencia a moverse o inclinarse. Lo expresaremos:

$$P1 = P2$$

Por otro lado, cuando colocamos dos cuerpos $P1$ y $P2$ uno a cada lado del brazo del instrumento, y se observa que el brazo se inclina; por ejemplo hacia $P1$, diremos que $P1$ es MAYOR a $P2$:

$$P1 > P2$$

Del mismo modo, si se produce una inclinación del brazo hacia $P2$, diremos que $P1$ es MENOR a $P2$:

$$P1 < P2$$

De esta forma podemos saber cuándo el peso de un cuerpo es MAYOR, MENOR o IGUAL al peso de otro y ordenarlos según este criterio. Si esta propiedad que llamamos peso, es medible, le podremos asignar un valor numérico que represente la cantidad de peso que posee el cuerpo.

IV.8 Segundo criterio para la ordenación de la propiedad peso

Hasta este momento se ha hablado de esa propiedad llamada peso que es intrínseca de cada cuerpo y cuya propiedad puede ser percibida en cada cuerpo, independientemente su condición Física. En un aspecto más formal, podemos instaurar esta propiedad como una “clase” que cumple ciertas características al ser comparada dicha propiedad entre cuerpos.

Cuando hablamos de clase, ya estamos hablando de comparación. Cuando se comparan dos cuerpos, se está buscando en ellos cierta igualdad o diferencia entre propiedades, procesos o fenómenos y al realizar una observación al respecto, ya estamos clasificándolos (Wartofsky, 1973). Al respecto Romero (p. 36) afirma que es precisamente en este sentido que, desde una perspectiva fenomenológica, no son los cuerpos (lo que él llama objetos, fenómenos o procesos) los que contienen las propiedades sino, por el contrario, aquel conjunto de propiedades que son en alguna forma estables lo que nos permite identificar a un cuerpo como tal.

En este sentido, a través del proceso de identificar las diferencias de peso entre dos o más cuerpos, le confiere a tal propiedad una estructura que se operacionaliza en una serie particular de relaciones: la relaciones de equivalencia. Wartofsky (p. 209):

Así pues, en general, cualesquiera dos cosas que se comparen, si se consideran como miembros en común de cierta clase, se consideran por tanto como equivalentes en cuanto determinada propiedad, que constituye la condición de pertenecer a esa clase. Dicho de otra manera: de las cosas que comparten cierta propiedad cabe decir que generan la clase correspondiente a dicha propiedad, y por diferentes que puedan ser en otros aspectos, muestran una relación de equivalencia por lo que se refiere a tal propiedad.

De esta forma, instaurando la propiedad “peso” de un cuerpo dentro de una clase, podemos establecer en ella una estructura en una relación particular: relación de orden, quedando así una manera más formal para el ordenamiento de los pesos.

Las propiedades formales a saber dentro de este marco para una relación de orden son: irreflexividad, asimetría, transitividad, y conectividad:

Cuando un cuerpo tiene un peso específico, dicho peso es constante y no debe cambiar aunque cambie su estado físico. Este aspecto debe ser propio de cada cuerpo, pues de lo contrario el peso dejaría de ser susceptible de ser medido.

Tenemos por tanto que se cumple la propiedad irreflexiva, donde el peso de un cuerpo no debe ser ni mayor ni menor a él mismo.

La propiedad de asimetría se estableció con el primer criterio de ordenamiento de los pesos donde en dos cuerpos de pesos $P1$ y $P2$ se cumple alguna de las tres condiciones:

$$P1 < P2, P1 > P2 \text{ ó } P1 = P2.$$

Teniendo tres cuerpos de pesos $P1$, $P2$, y $P3$, y supongamos que $P1$ y $P2$ se colocan a ambos lados del brazo del instrumento, además que el brazo se inclinó hacia $P1$, decimos entonces que $P1 > P2$. Supongamos también que realizamos el mismo procedimiento con $P2$ y $P3$ y ocurre que se inclina el brazo hacia $P2$, decimos entonces que $P2 > P3$ y de esta manera se cumple que $P1 > P3$. Así pues se cumple la propiedad transitiva al comparar tres o más cuerpos en el instrumento construido.

Cuando se tienen dos cuerpos de pesos P_1 y P_2 , tal que $P_1 > P_2$, debe existir al menos un cuerpo cuyo peso P_3 que cumpla: $P_1 > P_3 > P_2$. Esta propiedad de conectividad puede ser fácilmente observable con cuerpos cuya diferencia de pesos es muy notable para nuestros sentidos, pero también cuando la diferencia no es mucha, con la ayuda del instrumento, esto dependiendo también del rango al que esté construido.

De esta manera queda más formalizado el ordenamiento de los cuerpos según esa propiedad que llamamos peso, bajo una condición de clases.

Hasta ahora no hemos asignado un valor numérico, pero hemos formalizado un poco ese proceso de ordenamiento de los cuerpos que es uno de los criterios para que se considere el peso como una magnitud.

IV.9 Calibración del instrumento

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, además del análisis hecho del punto de apoyo, al brazo se le instalará el indicador, que servirá para mostrar cierta cantidad, de acuerdo a lo que se incline el instrumento, además que nos ayudará a que el brazo esté en su punto inicial. El punto de apoyo no estará muy alejado del centro de masa, para garantizar así una buena sensibilidad del instrumento, como se muestra en la Imagen 9:



FIGURA 9. El indicador nos ayudará a que el instrumento esté en su estado inicial.

En el instrumento construido se cumple la adición de peso y se da de la siguiente manera:

Los cuerpos que se utilizarán para la calibración serán trozos de plastilina, pues es un material muy fácil de manipular (quitar o agregar peso). Tomemos un trozo de plastilina y llamaremos P a su peso correspondiente que será nuestra unidad base cuyo número que le asignaremos será 1.

Para colocar el indicador en su estado inicial o punto cero, basta con colocar un poco de peso al lado contrario de donde esté inclinado el brazo. Por el momento agregaremos peso en la punta del brazo hasta que el indicador del instrumento coincida en su punto inicial.

Estando el instrumento en su punto inicial, se coloca P a un lado del brazo y al otro lado un trozo de peso igual que llamaremos P_1 . (Verificaremos la igualdad cuando el indicador permanezca en su estado inicial). Quedando así que $P = P_1$.

Seguidamente, en un lado del brazo colocaremos a P y P_1 y al otro lado aumentaremos peso hasta que el indicador vuelva a su estado inicial y que llamaremos P_3 , que tendrá el valor de 2 veces P :

$$P_2 = P + P_1 = 2P$$

De igual forma, colocamos P_3 y P a un lado del brazo y al otro lado aumentaremos peso hasta que el indicador vuelva a su estado inicial y que llamaremos P_4 , lo cual tendremos que:

$$P3 = P2 + P = 3P$$

Y así hasta completar una escala que se ajuste a nuestras necesidades:

$$P$$
$$P2 = 2P$$
$$P3 = 3P$$

$$Pn = nP \text{ donde } n \text{ es un número entero positivo}$$

Así mismo podremos obtener cuerpos cuyo peso sea $1/2P$, $1/3P$, o cantidad de subdivisiones que nuestro instrumento pueda percibir.

Estos cuerpos serán nuestra referencia y podremos obtener la masa de un cuerpo desconocido cuando al colocarlo a un lado de nuestro instrumento y al colocar al otro lado masas ya conocidas, el indicador vuelva a su estado inicial

Esta forma de calibración no hubiera sido posible o habría sido mucho más difícil si realizáramos los procedimientos anteriores con el punto de apoyo del brazo en su centro de gravedad, pues de esa forma, el brazo no buscaría su estado original.

De esta forma, podemos asignarle un valor numérico a cuerpos que estén dentro del rango permitido por el instrumento, es decir, la capacidad de colocar masas conocidas a un lado del brazo del instrumento, tiene un límite y dicho límite será el límite máximo que recibirá el instrumento. Del mismo modo, cuando el instrumento deje de percibir una diferencia de masas, será entonces el límite mínimo que permitiría el instrumento.

IV.10 La necesidad de instaurar una unidad patrón: una construcción colectiva

La experiencia y el conocimiento común, no brinda unas bases homogéneas para que pueda haber una estandarización en las medidas a través de nuestros sentidos, es decir, que cada persona posee un rango distinto en sus mediciones por medio de la percepción, además, de acuerdo a las interacciones con el entorno y sus concepciones, se pueden establecer otros criterios no necesariamente relacionados con el peso, pero que de alguna manera lo asocian a ella. Por ejemplo, la presión que ejerce un cuerpo en la mano puede ser sinónima de ser más pesado, entre otros.

De igual forma, no todos los instrumentos contruidos para ordenar y cuantificar el peso están diseñados para dar un resultado estandarizado sin que esté calibrado para necesidades más generales: Se necesita por tanto un ajuste al instrumento que permita establecer un lenguaje común al momento que se pretenda llevar a cabo la medida de la propiedad peso de un cuerpo.

Aunque lo más importante no es el resultado cuantificado de dicha propiedad, lo que realmente cobra sentido en esta parte es la posibilidad que permite el instrumento de hablar de la propiedad de un cuerpo e incluso mostrar si dicha propiedad se puede hablar en un lenguaje común para el resto de una comunidad, como el lenguaje matemático, por ejemplo.

Los espacios de discusión acerca de la propiedad que hemos llamado peso pueden ser generados incluso por la construcción del instrumento que cada quien haya realizado para comparar, ordenar o medir dicha propiedad, de manera que puedan haber concepciones muy parecidas de lo que se entiende por esta propiedad o al contrario, haber disertaciones al respecto de acuerdo al sentido o interpretación que cada quien haya hecho de lo que el instrumento le muestre.

De esta forma, los consensos en la clase de Física adquieren un papel relevante en cuanto a la construcción de conocimiento colectivo, ratificando una vez más lo valioso de los procesos de construcción de un instrumento que abre

la posibilidad de edificar tal conocimiento. Al igual que el conocimiento científico se construye como un conjunto de ideas que surgen a partir de la experiencia y del razonamiento, la escuela adquiere de igual forma un papel protagónico en la construcción del conocimiento, en la medida que se dé un sentido de construcción social de conocimiento. Parte del quehacer docente, por tanto, es mostrar que algún conjunto de sensaciones pueden ser compartidas por algún grupo de individuos, esto es, garantizar que un grupo social debe ponerse de acuerdo en ciertos consensos frente a una situación determinada, pues algunos pueden percibir ciertas cosas y no otras (Mach, 1948).

Por ejemplo, el problema de obtener una unidad patrón para lo que percibimos como peso, no es simplemente un asunto de aplicar el instrumento construido para obtener una medida, sino que es comprender lo que ocurre en cada procedimiento, en su construcción, lo que a su vez implica generar ambientes grupales donde se pueda comprender lo que se está haciendo y de esta forma establecer consensos en el aula (Medina y Tamayo, 2011).

Ahora bien, ¿qué papel juega el discurso en el aula para la construcción de conocimiento?

La construcción colectiva del conocimiento viene ligada a procesos discursivos y estos a su vez están sujetos bajo una cadena entre lenguaje, conocimiento y experiencia (Guidoni, 1990). Al elaborar un discurso bajo el propósito de establecer consensos en el aula sobre lo que se entiende por peso, debe haber un poder de persuasión mientras se habla, esto bajo lo que la experiencia con el instrumento nos muestra, generando así no sólo un conocimiento individual, sino todo un conocimiento colectivo. Toulmin (2007) habla de esa relación entre el lenguaje y la experiencia como forma de producción del conocimiento, cuando hace alusión al poder de la argumentación:

El contraste entre la razonabilidad de las narrativas y el rigor de las pruebas formales es el contraste entre la solidez de una argumentación sustantiva que tiene cuerpo y la fuerza necesaria para ser convincente y la validez de los argumentos formales cuya validez están determinadas por los puntos de partida.

En la relación entre experiencia, lenguaje y conocimiento, no hay una jerarquía, es decir, que primero es el lenguaje, o que primero es el conocimiento, pues los tres hacen parte de un mismo rango de importancia. Por ejemplo, cuando anteriormente se hizo un proceso de construcción de un instrumento que permitiera ordenar los cuerpos según el peso, se pudo haber comenzado hablando de lo que se entendía por peso de acuerdo a lo que por experiencia se conoce y a partir de allí ir construyendo el instrumento, o haber conseguido un instrumento ya destinado para ello y construir un discurso de lo que se entiende por peso a través de la experiencia de él surja. Pero en nuestro caso se parte de una necesidad que es la de ordenar cuerpos según eso que nuestros sentidos percibían y que le dimos el nombre de peso y durante la construcción del instrumento surgían variables que permitían reflexionar sobre el proceso de construcción de eso llamado peso y que a su vez ayudaban a mejorar el instrumento.

Lo que se pretende es que en el aula, durante un proceso de construcción de conocimiento sobre algo, no se lleve directamente a un proceso mecánico, es decir, que no se parta sobre la construcción del instrumento primero o que primero se acuda a los libros de texto, sino que cada quien parta desde lo que parezca más conveniente haciendo uso del lenguaje, del conocimiento y de la experiencia y combinarlos de manera que cada uno haga su propia construcción de conocimiento, percibiendo ciertas cosas y no otras, que puedan ser complementadas bajo el discurso y experiencia de otros, llegando a un conocimiento colectivo y un proceso doblemente enriquecedor entre teoría y experiencia.

V. RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recolección de la información se llevó a cabo durante la clase de Física, mediante la implementación de los instrumentos antes mencionados; esto permitió que el caso seleccionado para el estudio permaneciera en su contexto, realizando las actividades normales de la institución, donde los estudiantes permanecían interactuando de manera ordinaria con sus pares.

V.1 Categorías de análisis

En concordancia con el marco teórico, además de los propósitos establecidos en la investigación, se estableció 1 categoría macro, correspondiente a los PROCESOS DISCURSIVOS que surgieron durante el desarrollo de las diferentes actividades. Dentro de esta categoría macro se dio atención especial a los aspectos que relacionan los discursos dentro del aula, en concordancia con lo propuesto por Bernstein y donde se entra a una relación estrecha a la forma como construyen explicaciones y donde se asocia el instrumento a las mismas. Dentro de esta categoría se pretende resaltar que el discurso emerge de la construcción del instrumento y además de los aportes que hace cada individuo dentro del grupo, mostrando así que el discurso no se da de manera individual, sino que es toda una construcción mediada por la experiencia y que da cuenta de la construcción colectiva del conocimiento.

A partir de esta categoría, se establecieron 2 subcategorías, la primera correspondiente a los procesos discursivos que dan cuenta de una construcción colectiva del conocimiento y la segunda subcategoría correspondiente a la construcción de explicaciones que surgen en relación al instrumento.

TABLA II. Categoría a-priori.

| CATEGORIA | SUBCATEGORIAS |
|----------------------|--|
| Procesos discursivos | 1 Procesos discursivos que dan cuenta de una construcción colectiva del conocimiento |
| | 2 Construcción de explicaciones sobre la construcción del instrumento |

V.1.1 Subcategoría 1: Procesos discursivos que dan cuenta de una construcción colectiva del conocimiento

Esta categoría hace alusión a las relaciones discursivas que se resaltan durante el desarrollo de las actividades y que dan cuenta de una construcción colectiva del conocimiento. Aclaramos que dentro de esta categoría los discursos que daban sustento en torno a la construcción del instrumento abarcan desde la experiencia de cada miembro del grupo, hasta los datos que el instrumento les iba mostrando.

V.1.2 Subcategoría 2: Construcción de explicaciones sobre la construcción del instrumento

Hacemos alusión a que la construcción de las explicaciones está basada en la construcción del instrumento. En concordancia con Latour & Woolgar (1995) asumimos como unidades de registro una serie de enunciados, como transcripciones de las discusiones que surgieron al momento de presentar las actividades, dándole el papel al instrumento como aquel generador de discursos escritos y verbales, y que de una u otra forma se resaltan algunos elementos que permiten afirmar que efectivamente las construcciones discursivas se dan de manera colectiva, tomándose en consideración los aportes de cada integrante del grupo.

VI. DISCUSIONES Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados y discusiones presentadas a continuación son una parte del trabajo como tal, ya que actualmente nos encontramos en el proceso de análisis de resultados para terminar la investigación.

Los procedimientos realizados por los grupos muestran de manera implícita los procesos de medibilidad asociados al instrumento, además que entre ellos exponen los procesos necesarios para su funcionamiento. Dándole una mirada a las consideraciones planteadas por el caso (estudiantes), durante el desarrollo de las actividades, se puede evidenciar uno de los aspectos claves en los procesos de medibilidad cuando se menciona: “...tenemos que estar atentos a que esta parte se encuentre en todo el centro del clavo; si lo ponemos en esta parte tendremos muy estable la balanza sin ningún inconveniente.” O cuando se dice: “... también utilizamos plastilina para mantenerla estable y ordenada. También utilizamos un pedazo de cartulina para saber cuándo está estable, como medidor de precisión.” por otro lado se tiene que:

“... cuando un brazo se baja más que el otro nos indica que ese elemento pesa más que el otro...”

Se evidencia en los planteamientos de los estudiantes, que los procesos de medibilidad asociados al instrumento, de alguna manera están mediados por lo que ellos observan del mismo, en concordancia con Latour y Woolgar, es el instrumento quien permite establecer los criterios comunes para el funcionamiento del instrumento y que a medida que el instrumento se mejora, se hace necesario establecer unos nuevos criterios para su perfeccionamiento. Desde este punto de vista, se puede apreciar que estos planteamientos a su vez están dando cuenta de una imagen de ciencia, donde el estudiante mismo construye ese conocimiento y lo pone en cuestionamiento, para dar cuenta que verdaderamente el instrumento está funcionando.

Por otro lado se puede apreciar que ese proceso realizado por los estudiantes se da de una manera subjetiva, ya que está mediado por unos conocimientos previos adquiridos en su entorno social, adquiridos de manera individual, pero al momento de aportar los conocimientos individuales dentro del grupo, se está llegando a un colectivo de pensamiento donde los conocimientos se hacen comunes frente a una situación determinada, en este caso para la construcción del instrumento.

Estos planteamientos fueron tomados del desarrollo de la actividad experimental 3, cuyo objetivo era establecer criterios y describir como estaba diseñado el instrumento que diera cuenta del ordenamiento del peso de diferentes cuerpos.

De estos planteamientos se puede resaltar que evidentemente se hace necesario la construcción de unos criterios para el funcionamiento del instrumento, además de describir cómo funciona para dar cuenta de ese ordenamiento.

En la realización de este análisis se establecieron algunas relaciones entre las formas como ellos construían el instrumento, además de las explicaciones que se daban en torno al funcionamiento del mismo. Dentro de la subcategoría 1.2 que hace alusión a los procesos discursivos que se dan en torno a la construcción del instrumento, se puede notar un aspecto común y es que cada instrumento construido es similar. Cabe resaltar que en ningún momento se les propuso un instrumento en común, este surgió a medida que iban desarrollando las actividades:

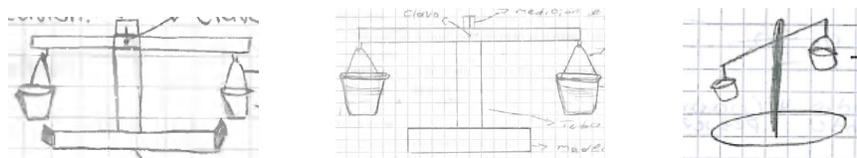


FIGURA 10. Instrumentos diseñados por los estudiantes.

Esa similitud en el diseño de los instrumentos, puede relacionarse con esas concepciones previas que cada estudiante tiene está mediada por el entorno, a su vez, con la relación del instrumento como extensión de los sentidos para mejorar la percepción de las propiedades de los cuerpos.

En este sentido, se puede pensar que ya al hablar de instrumento, se está pasando de una herramienta o artefacto que ha sido permeado por el conocimiento común, esa herramienta construida tiene la característica de instrumento

debido a que se está relacionando a unos procesos mediados por un conocimiento común aportado por el contexto social a ese grupo de individuos que están construyendo ese conocimiento.

Otro aspecto que se puede resaltar en esta parte es que el conocimiento que se está construyendo, no solo está relacionado a lo que el instrumento va mostrando a medida que se le hacen modificaciones para su funcionamiento, sino también que el mismo instrumento genera unas relaciones discursivas de un grupo social, donde a su vez manifiesta esa relación que tienen sus conocimientos previos con las nuevas experiencias a las que se enfrenta.

VII. CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo, además de mostrar la forma como se construye la medida del peso, pretende que haya una trascendencia en la forma como se ve la ciencia, no como algo acabado, sino algo que se construye y que no hay verdad absoluta.

Se pretende también crear en el estudiante un pensamiento crítico, que él se sienta que es responsable de crear conocimiento y de esta forma contribuir a los intereses de dar otra perspectiva a la enseñanza de la Física.

Esta propuesta, abre la posibilidad de llevar una continuación para orientar una aproximación de la medida del peso y otros fenómenos como la flotabilidad.

A través de este tipo de trabajos, se puede lograr también otros que se enfoquen en las construcciones de conceptos como masa, peso, equilibrio.

REFERENCIAS

Ayala, M. M. & Malagón, J. Francisco (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, No. 7.

Ayala, M. M., Malagón, J. F. & Sandoval, S. (2011) *El experimento en el aula: Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Centro de investigaciones Universidad Pedagógica Nacional, CIUP. Colombia.

Bernstein, B. (1981). Codes, modalities and the process of cultural reproduction: A model. *Anglo American Studies*, 1(1).

Bernstein, B. & Díaz, M. (1984). Hacia una teoría del discurso pedagógico. *Collected Original Resources in Education (CORE)*, 8(3).

Borda, P. O. L. & Erazo, P. M. (2010). *Concepciones sobre ciencia e investigación en profesores de química en formación inicial: un estudio en el contexto de los trabajos experimentales*. Disponible en: <http://www.pedagogica.edu.co/revistas/ojs/index.php/TED/article/viewFile/1072/1082>. Consultado en: 5 de septiembre de 2012.

Campbell, N. (1921). Medición. En: Newman, J. (Ed). (1994). *Sigma: El mundo de las matemáticas*, Tomo 5. Barcelona: Ediciones Grijalbo.

Carrascosa, J. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.

Carvajal, H. M. & Franco, E. (2008). *Importancia de la aplicación del trabajo experimental como componente esencial en la enseñanza de la Física*. Tesis de licenciatura. Universidad de Antioquia. Facultad de Educación.

Díez, J., Espinazo, M. & Mayans, A. (2007-2008). *Fundamentos del equilibrio como capacidad perceptivo-motriz, puesta en práctica y su implicación en el currículo de EF en la etapa de educación primaria*. 1º A. Magisterio Educación Física. Disponible en: [http://www.ugr.es/~proexc/ejemplos/subproy4/PORTAFOLIOS/Trabajos%20grupales/T6%20\(grupo%206\)%20EQUILIBRIO%20capacidad%20perceptivo-motriz/GT06%20Equilibrio.pdf](http://www.ugr.es/~proexc/ejemplos/subproy4/PORTAFOLIOS/Trabajos%20grupales/T6%20(grupo%206)%20EQUILIBRIO%20capacidad%20perceptivo-motriz/GT06%20Equilibrio.pdf).

Gil Pérez, D. & Valdés Castro, P. (1996) La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2).

Gil Pérez, D. et al. (1999). Enseñanza de las ciencias, ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.

Graizer, O. & Navas, A. (2011) El uso de la teoría de Basil Bernstein como metodología de investigación en Didáctica y Organización Escolar. *Revista de Educación*, 356.

Guidoni P. A. & Mazzoli P. (1990). *Enseñar ciencia. Como empezar: Reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Editorial Paidós.

Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3).

Lakatos, I. (1987). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Editorial Tecnos.

Mach, E. (1948). *Conocimiento y error*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.

Medina, J. y Tarazona, M. (2011). *El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud Física. Elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de Física*. Tesis de maestría. Universidad de Antioquia. Facultad de Educación.

Colombia, Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). *Estándares para la excelencia en la educación*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Romero, Á. E. (2011). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Informe final*. Antioquia-COL: Universidad de Antioquia. Facultad de Educación.

Romero, Á. E. (2002). *Informe final de investigación: Los procesos de matematización y la organización de los fenómenos físicos: el caso de los fenómenos mecánicos y térmicos*. Universidad de Antioquia. Facultad de Educación.

Romero, Á. E. (2013). *Conferencia: La experimentación en la clase de ciencias como potenciadora de reflexiones sobre la naturaleza de las ciencias*. Medellín-COL: Grupo ECCE-Universidad de Antioquia.

Romero, Á. E., Rodríguez, O. L. D. (1999). Desarrollos galileanos en el campo de la estática: una posible contribución a la enseñanza. *Revista Física y Cultura*, 5.

Ruiz T. F. (2006). Ideas de ciencia y su incidencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 2(1).

Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata.

Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Península.

Treitz, N. (2005). Roberval y polipasto. *Investigación y Ciencia. Edición española de Scientific America*, 348, 84-87.

Valdés Castro, P. & Valdés Castro, R. (1999). Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3).

Wartofsky, M. (1973). *Introducción a la filosofía de la ciencia. Tomo I*. Madrid: Alianza Editorial.