



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**Facultad de Educación**

**La experimentación en la clase de ciencias y la construcción social de conocimiento científico. Reflexiones sobre el proceso de medición en torno al fenómeno de flotación de los cuerpos.**

**Trabajo presentado para optar al título de Magister en Educación en Ciencias Naturales**

**JAIME ANTONIO QUINTO MOYA**

**Asesor(a)**

**PhD. ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN**

*A mis tres tesoros: Nanci Patricia, Lina Sofía y Laura Nataly.  
La lógica te lleva del punto A al B. La imaginación a todas partes.  
Albert Einstein.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Al profesor Ángel Enrique Romero Chacón por la confianza depositada en mí al aceptar ser mi asesor de investigación, por la paciencia en los momentos de incertidumbre y todas las contribuciones, no solo, para el desarrollo de esta investigación sino para mi crecimiento personal, intelectual y profesional. Mi profe, eres el mejor, Dios te bendiga.*

*A los profesores que contribuyeron a mi proceso de formación de maestría: Diana Jaramillo, Sonia López, María Mercedes Jiménez, José Joaquín García y Julián Medina; de cada uno de ustedes me llevo los mejores recuerdos y enseñanzas.*

*A la profesora Olga Luz Dary Rodríguez por sus orientaciones y confianza, por enseñarme con el ejemplo.*

*A mi amiga y colega Yaneth Liliana Giraldo Suárez por motivarme a continuar mi formación en la Universidad de Antioquia, aportar a mi Trabajo de Investigación y acompañarme en este arduo proceso.*

*Al grupo de investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza – ECCE-, por el interés demostrado hacia mi trabajo de investigación, sus aportes y participación durante el desarrollo de todas las actividades.*

*A la Gobernación de Antioquia en su programa de becas para maestros vinculados en propiedad, Antioquia la más educada.*

*A mis colegas de maestría: Erika Tobón, Andrea Sosa, Yesenia Quiceno, Natalia Ramírez, Vanessa Arias Gil y Freddy Pulgarín, por sus aportes y respaldo en situaciones difíciles. Volver a la universidad fue complejo pero su colaboración fue de gran ayuda para adaptarme al proceso.*

*A mi grupo de estudiantes de los grados octavo y noveno de la IER Piedras Blancas quienes participaron con gran dedicación en el desarrollo de la propuesta de investigación, siempre prestos y atentos para el trabajo.*

*A mi familia: mi mamá Miryam, mis hermanas: Luzmila, Saraminta, Mirtha y Mireya, un apoyo incondicional. A mi esposa y compañera de vida, quien se ha constituido junto con mis hijas Lina Sofía y Laura Nataly en mi razón de ser, mi motivación, mi norte.*

## CONTENIDO

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| LISTA DE ILUSTRACIONES.....                                                | VI  |
| LISTA DE TABLAS.....                                                       | VI  |
| LISTA DE FOTOS.....                                                        | VII |
| CONTEXTUALIZACIÓN.....                                                     | 8   |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....                         | 11  |
| 2. OBJETIVOS.....                                                          | 15  |
| 2.1. General.....                                                          | 15  |
| 2.2. Específicos.....                                                      | 15  |
| 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....                                             | 16  |
| 3.1. Los Procesos de Medición.....                                         | 16  |
| 3.1.1. Clasificación y ordenación como base del proceso de medida.....     | 17  |
| 3.1.2. Medición como adecuación entre experiencia y teoría.....            | 20  |
| 3.1.2.1. La perspectiva de Pierre Duhem.....                               | 21  |
| 3.1.2.2. La perspectiva de Norman Campbell.....                            | 24  |
| 3.1.3. El Instrumento como concreción de la organización del fenómeno..... | 28  |
| 3.2. Construcción Social del Conocimiento.....                             | 36  |
| 3.2.1. Formalización del fenómeno de la flotación.....                     | 37  |
| 3.2.2. El carácter dialógico de la construcción del conocimiento.....      | 40  |
| 4. DISEÑO METODOLÓGICO.....                                                | 46  |
| 4.1. Enfoque y tipo de estudio.....                                        | 46  |
| 4.2. Caso y contexto.....                                                  | 47  |
| 4.3. Propuesta didáctica y registro de la información.....                 | 48  |
| 4.4. Plan de análisis .....                                                | 53  |

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5. Sobre las categorías de análisis.....                                   | 57  |
| 4.5.1. Los procesos de medición.....                                         | 58  |
| 4.5.1.1. Clasificación y ordenación como base del proceso de medida.....     | 60  |
| 4.5.1.2. Medición como adecuación entre experiencia y teoría.....            | 60  |
| 4.5.1.3. El instrumento como concreción de la organización del fenómeno..... | 61  |
| 4.5.2. Construcción social del conocimiento.....                             | 61  |
| 4.5.2.1. Formalización del fenómeno de la flotación.....                     | 61  |
| 4.5.2.2. El carácter dialógico de la construcción del conocimiento.....      | 62  |
| 4.6. Criterios de credibilidad.....                                          | 62  |
| 5. HALLAZGOS .....                                                           | 66  |
| 5.1. Los Procesos de Medición.....                                           | 66  |
| 5.1.1. Clasificación y ordenación como base del proceso de medida.....       | 66  |
| 5.1.2. Medición como adecuación entre experiencia y teoría.....              | 80  |
| 5.1.3. El instrumento como concreción de la organización del fenómeno.....   | 84  |
| 5.2. Construcción Social del Conocimiento.....                               | 92  |
| 5.2.1. Formalización del fenómeno de la flotación.....                       | 92  |
| 5.2.2. El carácter dialógico de la construcción del conocimiento.....        | 95  |
| 6. POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO....             | 101 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA.....                                             | 106 |
| ANEXOS.....                                                                  | 110 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Representación de pesos contra volúmenes para tres sustancias: agua (morado), aceite (verde) y alcohol (azul).....                                | 28 |
| Ilustración 2. Representación de grados de flotación utilizando diferentes medios y un cuerpo como referencia.....                                               | 31 |
| Ilustración 3. Plan de trabajo con estudiantes para la recolección de la información. Creación propia.....                                                       | 52 |
| Ilustración 4. Representaciones de pesos contra volumen para agua salada, agua azucarada y un sólido. Creación de los participantes en la actividad tres.....    | 79 |
| Ilustración 5. Construcción y adecuación de representaciones. Creación de los participantes en la actividad tres.....                                            | 81 |
| Ilustración 6. Construcción y adecuación de representaciones. Creación de los participantes en la actividad uno.....                                             | 82 |
| Ilustración 7. Representación de peso contra volumen para agua salada, agua azucarada, aceite y alcohol. Creación de los participantes en la actividad tres..... | 84 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Pesos y volúmenes de agua, aceite y alcohol.....                                                                                                                                                                | 27 |
| Tabla 2. Fundamentación didáctica de la propuesta de intervención de aula.....                                                                                                                                           | 49 |
| Tabla 3. Convenciones para los enunciados.....                                                                                                                                                                           | 54 |
| Tabla 4. Transcripciones 05 de junio de 2015; pág. 59 y 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida..... | 55 |
| Tabla 5. Ejemplo de tabla de enunciados para la construcción de los datos de la investigación.....                                                                                                                       | 57 |
| Tabla 6. Red de categorías, subcategorías e indicios.....                                                                                                                                                                | 58 |
| Tabla 7. Construcción y adecuación de representaciones. Creación de los participantes en la actividad uno.....                                                                                                           | 81 |

## LISTA DE FOTOS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Foto 1. Cuerpos sólidos de diferentes materiales y formas.....                                                          | 18 |
| Foto 2. De izquierda a derecha balso, nazareno y algarrobo en agua.....                                                 | 19 |
| Foto 3. De izquierda a derecha nazareno en agua, nazareno en alcohol y Guayacán guajiro en agua.....                    | 32 |
| Foto 4. Instrumento de medida para determinar pesos específicos y densidades de líquidos (El Areómetro).....            | 34 |
| Foto 5. El Areómetro, en las escalas están representadas de abajo hacia arriba: agua salada, agua azucarada y agua..... | 35 |
| Foto 6. De izquierda a derecha nazareno en alcohol, agua y aceite.....                                                  | 38 |
| Foto 7. Huevos suspendidos a diferentes alturas en agua salada.....                                                     | 38 |
| Foto 8. Trabajo por equipos actividad 1: Flota o se hunde.....                                                          | 41 |
| Foto 9. Reunión para la firma del protocolo ético en las instalaciones de la IER Piedras Blancas.....                   | 53 |
| Foto 10. De izquierda a derecha plástico, sapán y balso en agua.....                                                    | 74 |
| Foto 11. De izquierda a derecha algarrobo en aceite, agua y alcohol. Instalaciones de la Universidad de Antioquia. .... | 77 |
| Foto 12. Areómetros con las sustancias representadas en su escala.....                                                  | 89 |
| Foto 13. El Areómetro en la leche.....                                                                                  | 90 |

## CONTEXTUALIZACIÓN

Este Trabajo de Investigación se enmarca en los intereses y perspectivas académicas del grupo de investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza –ECCE– de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, en particular en las líneas de investigación de Epistemología, historia y enseñanza de las ciencias y Lenguaje, argumentación y educación en ciencias.

En este Trabajo de Investigación la atención se centra en el análisis de las explicaciones enunciadas por un grupo de estudiantes de los grados octavo y noveno, cuando en su interacción discursiva y dialógica se ven abocados a abordar algunas situaciones experimentales en la clase de ciencias. Esto con el propósito de establecer los posibles vínculos o relaciones entre la implementación de actividades experimentales en la clase de ciencias y la construcción social de conocimiento científico, y donde se ponga de manifiesto el carácter discursivo e inacabado del conocimiento y la dialéctica entre la teoría y el experimento.

Para tal fin se diseñó una propuesta didáctica de intervención de aula (véase anexo 2), teniendo en cuenta las discusiones y elaboraciones realizadas dentro del grupo de investigación ECCE en relación con la actividad experimental, asumida como un espacio de construcción, justificación y validación del conocimiento en contexto.

Las actividades que formaron parte de la propuesta didáctica estuvieron orientadas a mostrar formas alternativas de construcción social del conocimiento científico, en donde la experimentación es vista en estrecha relación con los desarrollos conceptuales y teóricos. Para ello, se tuvo en cuenta una estructura no jerárquica que incluyera en todas las actividades aspectos relacionados con: clasificación y ordenación, medición como adecuación entre experiencia y teoría, el instrumento como concreción de la organización del fenómeno, ampliación de la base experiencial, procesos de interacción dialógica y de formalización. Adicionalmente, se incluyó el análisis de fragmentos originales de la historia y la epistemología de la física, al igual que la replicación de algunos episodios de la misma. Lo anterior, a través de reflexiones sobre el proceso de medición en torno al fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico.

La implementación de la propuesta didáctica, tuvo lugar en la Institución Educativa Rural Piedras Blancas ubicada en zona rural de la reserva ecológica Arví del municipio de Guarne – Antioquia desde la última semana de abril hasta la primera semana de junio del 2015, con la participación de doce estudiantes: ocho del grado octavo y cuatro del grado noveno de la básica secundaria como parte del grupo de discusión. Se esperaba que con la implementación y análisis de dicha propuesta didáctica se contribuyera a la formación de semilleros de investigación en esta institución educativa.



Antes de iniciar el desarrollo de la propuesta didáctica, se llevó a cabo un encuentro con los acudientes de los participantes, el Rector de la institución para, entre otras consideraciones, presentar el Proyecto de Trabajo de Investigación, firmar el protocolo ético y definir responsabilidades para el acompañamiento de los estudiantes.

La propuesta didáctica se desarrolló durante diez sesiones (cinco talleres y cinco plenarios) con registro de audio de los diálogos de los participantes y registro fotográfico, al igual que algunos registros escritos realizados por ellos mismos en la carpeta y bitácora de trabajo que les fue proporcionada por parte de la investigación.

En el diseño de la propuesta se procuró que las temáticas a abordar no fueran exclusivas para cada actividad. No obstante, se puede destacar para cada sesión ciertos énfasis: en la primera, asuntos relacionados con construcción de clases, ordenaciones e identificación de materiales; en la segunda, análisis de fragmentos originales para construir la noción de peso específico y equivalentes; en la tercera, construcción, análisis e interpretación de gráficas para la identificación de regularidades; en la cuarta: diseño, construcción y calibración del instrumento de medida; y en la quinta, construcción de criterios de pureza para sustancias propias de la región.

Para el análisis del registro de la información, tanto escrita como gráfica, se tomó en cuenta la perspectiva de investigación cualitativa, desde un estudio de fenómenos físicos basado en la interpretación de unidades de análisis derivadas del trabajo experimental con los estudiantes, para lo cual se optó por un estudio de caso que permitiera describir diversas situaciones desde su contexto de acuerdo a lo expuesto por Stake (2010).

Es importante destacar que, siguiendo a Fleck (1986), el conocer se constituye en una actividad condicionada por el círculo social al que pertenece el sujeto en el cual se llevan a cabo diversas interacciones de carácter dialógico (debates, construcción de explicaciones, validación de ideas, entre otras.) que posibilitan la producción de conocimiento, siendo “el conocimiento...la creación social por excelencia” (p. 89).

Cabe señalar que en el transcurso del desarrollo de esta investigación, como criterio de validación y credibilidad, se participó en tres eventos en calidad de ponente (véase anexo 4):

- i. XIV Jornadas y II Congreso Internacional Investigar en Educación y Educar en investigación. Avances y perspectivas, publicación en memorias. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- ii. Tercer Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia.
- iii. Encuentro Historia, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias, publicación en memorias. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

Igualmente se construyó un artículo titulado: La historia de la ciencia, en la búsqueda de un interlocutor: el caso de la densidad de los cuerpos, el cual se encuentra en arbitraje para publicación en la Revista Entre Ciencia e Ingeniería de la Universidad Católica de Pereira, clasificada en la Categoría B de COLCIENCIAS.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

Desde el Ministerio de Educación Nacional, a través de los estándares básicos de competencia en Ciencias Naturales, se viene demandando una formación en Ciencias Naturales en la Educación Básica y Media que contribuya a la consolidación de estudiantes capaces de analizar lo que pasa a su alrededor, formularse preguntas, buscar explicaciones, compartir y debatir con otros sus ideas. Lo anterior, con el propósito que el estudiante se aproxime progresivamente al conocimiento científico, tomando como punto de partida su conocimiento “natural” del mundo (MEN, 2006). No obstante, la implementación concreta en las aulas de clase de estos requerimientos en política pública educativa, no se han podido satisfacer del todo.

Adicionalmente, investigaciones en el campo de la educación en ciencias resaltan que la ciencia que se enseña en las aulas de clase está desprovista de reflexiones epistemológicas e históricas (Koponen & Mäntylä, 2006; Romero, Mosquera & Mejía, 2013; Malagón, Ayala & Sandoval, 2011). Usualmente, la ciencia que se enseña es considerada como la indicadora del progreso de la humanidad y es asumida como el único modo de racionalidad verdadero, que mediante métodos estandarizados universalmente permite que los científicos describan la realidad “tal cual es” y descubran las leyes de la naturaleza (Rodríguez & Ayala, 1996). Por lo anterior, la ciencia es vista como una verdad absoluta que no se puede cuestionar, desvinculándola de cualquier proceso de construcción social. De ahí que el docente simplemente enseñe los conceptos como se los presenta el texto guía, sin reflexionar sobre los mismos, sin tener en cuenta su historicidad.

En lo que se refiere a la experimentación en la clase de ciencias, diferentes investigaciones han puesto de manifiesto la influencia de la perspectiva positivista dentro de los procesos pedagógicos en el aula, en cuanto a la forma de asumir la actividad experimental, la separación entre teoría y experimento y la falta de reflexiones filosóficas, epistemológicas e históricas (Romero et al., 2013; Malagón et al., 2011). Es así como tradicionalmente la práctica de laboratorio es reducida a la replicación fiel del denominado “método científico” como único medio para la validación de la teoría, convirtiendo la actividad experimental en un mecanismo de operacionalización de los instrumentos, registro de datos y control de resultados (Romero et al. 2013; Martins, 2007). Adicionalmente, la práctica experimental es reducida a la reproducción de “recetas”, lo cual conlleva a una concepción errónea de ciencia, que ha generado gran apatía por la ciencia por parte de los estudiantes (Hodson, 1994).

Este tipo de miradas están tan naturalizadas que los profesores no reflexionan sobre los conocimientos o saberes previos de los estudiantes y enfoques que subyacen de manera implícita o explícita dentro de las clases y, menos aún, sobre los contenidos a ser enseñados. Así, el papel del estudiante es reducido a un simple receptor de la información.

Este tipo de enseñanza, donde se asume al experimento como juez de la teoría, como ya se había mencionado, no posibilita en los estudiantes la construcción de explicaciones, la ampliación de la experiencia, ni mucho menos, asumirse como constructor de conocimiento (Romero & Aguilar, 2013; Ferreirós & Ordóñez, 2002; Romero & Rodríguez, 2006).

En este contexto, cobran importancia los procesos discursivos y argumentativos por parte de los estudiantes para tratar de construir explicaciones que permitan una adecuación entre lo sensible y lo conceptual, el disenso y el consenso y reflexionar sobre interrogantes como: ¿Cómo propiciar la adecuación de los pensamientos a los hechos y de los pensamientos entre sí?<sup>1</sup> ¿El instrumento de medición funciona correctamente y sirve para medir lo que se pretende medir?

En esta investigación no se pretende aproximar progresivamente a los estudiantes al conocimiento científico como lo recomienda el Ministerio de Educación Nacional, porque ello induce una forma de pensar como si el conocimiento científico tuviese una jerarquía que hay que alcanzar, que lo sitúa como externo a los estudiantes. Lo que se pretende, es favorecer condiciones de posibilidad para construir conocimiento científico en el aula a partir de la conformación de semilleros de investigación escolar. Se considera que tal espacio o ambiente permitiría contribuir al análisis del proceso de construcción social de conocimiento científico por parte de los estudiantes en la interacción con sus compañeros de grupo o pares académicos.

Es aquí donde cobran gran importancia los procesos de medición, en el contexto de la experimentación en la clase de ciencias, los cuales son objeto de reflexión en esta investigación. Usualmente se asumen las magnitudes y los procesos de medida como externos a los fenómenos y desprovistos de cualquier experiencia sensible, convirtiendo el complejo problema de la medición en un asunto “artificial” de precisión de los instrumentos, de las técnicas de medición y del procesamiento de datos (Malagón et al., 2011; Romero et al. 2013). También, es muy común en este tipo de miradas, asumir la experimentación como externa a los sujetos que experimentan.

Partiendo de lo anterior, para el caso de la enseñanza de las ciencias, se asumen como supuestos de investigación:

1. La actividad científica es un proceso socialmente construido, tanto en el ámbito científico como en el ámbito escolar; por lo tanto, cualquier acción en la escuela, tiene que ser una acción no hacia el individuo, sino hacia el colectivo. (Malagón et al., 2011; Romero et al. 2013).

2. Es sólo a través de las representaciones (enunciados, gráficos, lenguajes) que los individuos pueden externalizar sus pensamientos y, a la vez, pueden saber lo que piensan

---

<sup>1</sup>Pregunta inspirada en Mach (1948).



los demás (Arcá, Guidoni & Mazzoli, 1990; Guidoni & Arcá, 1987; Candela, 1999; Romero et al. 2013).

Estas consideraciones están ligadas a la construcción social de conocimiento, no solamente en el sentido que el conocimiento científico se construye en el diálogo, en la interacción discursiva, sino también en la intención de hacer partícipe a los mismos estudiantes del conocimiento que se construye.

Por lo tanto, en todo momento del proceso de enseñanza aprendizaje es fundamental tener en cuenta la intencionalidad de los contenidos, ayudar a los estudiantes a ampliar la experiencia sobre un fenómeno determinado, buscar los detalles que le generen polémica e interés, resaltar la relación entre lo que se aprende con la vida cotidiana, propiciar el consenso y el disenso para promover reflexiones en torno a ellos. Estas son estrategias fundamentales que permiten poner de manifiesto la relación dialógica entre las prácticas discursivas y la construcción social de conocimiento científico en el aula.

Por lo anterior y apoyados en autores como Romero & Aguilar (2013), Ayala (2006) y Elkana (1983), se propone considerar las ciencias no como un cúmulo de productos científicos (conceptos, leyes, teorías), de hechos organizados y formalizados, sino como la actividad misma de su producción: una actividad relacionada con la elaboración y formalización de explicaciones a fenómenos naturales; actividad que está necesariamente relacionada con el entramado de creencias, compromisos epistemológicos y estrategias cognitivas particulares (uso de analogías, establecimiento de modelos, grados de formalización, representaciones utilizadas, etc.) puestas en juego por quienes la practican: científicos, profesores y estudiantes.

La temática que se abordó en esta investigación, en torno a reflexiones sobre el proceso de medición, integra la física y la química, brinda amplias posibilidades de poner de manifiesto la íntima relación existente entre la teoría y la experimentación, la producción social de conocimiento, el carácter inacabado del conocimiento, la necesidad de la construcción de fenomenologías, entre otros. Para ello, se construyeron y retomaron fenomenologías relacionadas con el fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico y densidad.

La elección del fenómeno de flotación tiene relación con las dificultades que el estudio de éste constituye para los estudiantes. Lo anterior se evidencia cuando, en la clase de ciencias naturales, los estudiantes deben realizar clasificaciones de cuerpos sólidos según floten o se hundan en agua sin realizar el experimento (y aún realizándolo). Para determinar estas clases, ellos se rigen principalmente por el tamaño, lo que los lleva a ubicar un mismo tipo de material en clases diferentes. La situación se complejiza si se cambian los materiales sólidos por líquidos, y aún más cuando se les solicita ordenarlos. En la mayoría de los casos, manifiestan que flotar o hundirse en agua depende de la densidad

del sólido sin tener en cuenta las posibles relaciones entre cuerpo y medio y las condiciones en las que se puedan llevar a cabo las experiencias.

De manera adicional, el asunto de la flotación favorece dos aspectos fundamentales en esta investigación:

1. Por un lado, si bien los estudiantes tienen una base experiencial inicial no tienen todo construido. Así, la temática puede ser interesante para que partiendo de la base que ya tienen, continúen con la ampliación de un campo fenoménico como puede ser el asunto de la flotación de los cuerpos. Es así como esta temática se constituye en un muy buen ejemplo para la organización y construcción de una fenomenología.

2. En el trabajo también se tiene la intención de tematizar aspectos de medición, la ampliación de la experiencia y de construcción social de conocimiento. Este también es un fenómeno que posibilita, desde un punto de vista inicialmente cualitativo, comenzar a construir cómo serían los procesos de medición de una propiedad como la longitud que los estudiantes ya tienen organizada.

Por lo anterior, la elección del fenómeno de flotación no solo tuvo que ver con la justificación en términos de las dificultades de los estudiantes sino que la misma propuesta es adecuada para identificar el papel que juega la experiencia, la construcción social y los procesos de medición en la organización de la fenomenología asociada a la flotación de los cuerpos.

Teniendo en cuenta las reflexiones y planteamientos anteriores, uno de los propósitos de esta investigación fue que los estudiantes construyeran fenomenologías en torno a los procesos de medición y la flotabilidad de los cuerpos, que permitirán resaltar el carácter discursivo y dialógico en la construcción social del conocimiento científico en el aula, hecho que afianzó la conformación de semilleros de investigación escolar, contribuyendo a que la investigación forme parte de la cultura institucional en la IER Piedras Blancas.

De acuerdo con lo anterior, como pregunta central de la investigación se plantea: ¿Cómo contribuye la construcción de fenomenologías relativas a la flotación y su relación con el concepto de peso específico por parte de los estudiantes de los grados octavo y noveno de la Institución Educativa Rural Piedras Blancas, a la construcción social de conocimiento científico en el aula?, y como pregunta auxiliar orientadora de la investigación se propone: ¿Cómo aporta la orientación de actividades experimentales sobre los procesos de medición a resaltar el carácter dialógico de la producción de conocimiento científico?



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al proceso de construcción social de conocimiento científico en el aula, por parte de un grupo de estudiantes de nivel básico de enseñanza, cuando son motivados a la realización de actividades experimentales en torno al fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Analizar las explicaciones construidas por los estudiantes durante el desarrollo de actividades experimentales orientadas hacia la búsqueda de relaciones entre el fenómeno de flotación y el concepto de peso específico.
- ✚ Identificar las potencialidades didácticas que puede tener el desarrollo de actividades experimentales en la clase de ciencias, que privilegien las prácticas dialógicas de los estudiantes, como medio para favorecer el proceso de construcción social de conocimiento.
- ✚ Adelantar una revisión documental que permita la construcción de una red de categorías adecuadas para el análisis de los enunciados de los estudiantes sobre los procesos de medición, que haga énfasis en el carácter social y dialógico de la construcción de conocimiento científico.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para la construcción del fundamento teórico del Trabajo de Investigación, se consideran algunos aportes surgidos a partir del análisis histórico y epistemológico de las ciencias en la enseñanza, y las reflexiones derivadas de algunas investigaciones realizadas en el ámbito educativo (Romero & Aguilar, 2013; Malagón et al. 2011), centrandó la atención en las relaciones subyacentes entre la actividad experimental, los procesos de medición y la construcción social del conocimiento, aspectos discutidos y analizados a propósito del fenómeno de flotación y su relación con el concepto de densidad de los cuerpos.

En este sentido, se hace necesario asumir una postura frente a ciertos paradigmas que han permeado la enseñanza de las ciencias, y entre ellas la física. Estos paradigmas fueron abordados a manera de cuestionamientos en el planteamiento del problema y se traen a colación para realizar una reflexión con la intención de no ser solamente críticos sino también propositivos en la búsqueda de construir, justificar y validar el constructo investigativo.

En esta investigación se asume la didáctica de la ciencia como una reflexión en la que se está pensando el proceso de enseñanza aprendizaje en términos de los contenidos, metodologías, propósitos y estrategias. La línea de investigación del grupo ECCE, proporciona una fundamentación amplia, sobre la enseñanza de las ciencias, en la cual se apoyó parte de la construcción de la propuesta de intervención de aula, en la que se pueden destacar aspectos de epistemología, historia y enseñanza de las ciencias y lenguaje, argumentación y educación en ciencias. En el diseño de la propuesta se procuró incorporar las reflexiones anteriores. Así, se construyó una estructura en la que se pueden destacar una serie de dimensiones<sup>2</sup> que están relacionadas con los procesos de medición y de construcción social y dialógica de conocimiento científico en el aula.

Como fundamentos teóricos de la investigación, se desarrollarán a continuación temáticas relacionadas con los procesos de medida y la construcción social del conocimiento.

#### 3.1. Los Procesos de Medición

Algunas investigaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias (Hodson, 1994; Romero & Aguilar, 2013; Malagón et al. 2011) han planteado que, aunque existen muchos estudios sobre la importancia de la experimentación en las clases de ciencias, aún no se ha logrado superar dificultades importantes en este aspecto.

---

<sup>2</sup> Para ampliar sobre las dimensiones véase la Tabla 2. Fundamentación didáctica de la propuesta de intervención de aula, ubicada en el capítulo denominado diseño metodológico.



La manera como se orientan, planean y llevan a cabo las actividades de clase está íntimamente relacionada con la imagen de ciencia del profesor (Romero & Rodríguez, 2006), y la experimentación no escapa a esta realidad. Es así como diversos autores vienen demandando la necesidad de una (re)significación de la actividad experimental en la clase de ciencias (Hodson, 1994; Romero & Aguilar, 2013; Malagón et al. 2011; Romero & Rodríguez, 2006). Al respecto, el privilegio que se le ha dado a la teorización en la actividad científica, ha limitado la importancia y comprensión de la experimentación en la ciencia (Ferreirós & Ordóñez, 2002).

En la reflexión sobre el proceso de medición está la base de las consideraciones anteriores. Según Romero & Aguilar (2013):

Generalmente el proceso de medición se reduce a la mera aplicación de un instrumento preestablecido al cuerpo o sistema en consideración y a la lectura del valor numérico obtenido en la escala del instrumento; este valor numérico se asume, entonces, como el resultado de la medida y representa el valor que toma tal propiedad. (p. 90)

La concepción anterior se deriva de una mirada de la medición como juez de la teoría, haciendo de este proceso un asunto instrumentalista, convirtiendo la actividad experimental en un mecanismo de operacionalización de los instrumentos, registro de datos y control de resultados (Martins, 2007). Es así como en el contexto pedagógico, el proceso de medida conlleva a grandes dificultades que impiden la comprensión del proceso de organización de la experiencia sensible y de la construcción conceptual característica de la actividad científica (Romero & Aguilar, 2013).

Las consideraciones anteriores hacen necesaria una reflexión en torno a los procesos de medida de las magnitudes físicas. Se pretende construir una visión del experimento en la que el sujeto juegue un papel fundamental a partir de las organizaciones conceptuales que construye en adecuación con su experiencia sensible.

Para profundizar en la reflexión en torno a los procesos de medida se plantean los siguientes interrogantes: ¿cómo la clasificación y la ordenación se constituyen en la base que fundamenta el proceso de medida? ¿Cuál es la importancia del uso y adecuación de representaciones para la organización del fenómeno en construcción? Y ¿Cómo a través del instrumento se posibilita la concreción de la organización del fenómeno? Estos cuestionamientos se desarrollan a continuación.

### **3.1.1. Clasificación y ordenación como base del proceso de medida**

Como alternativa para superar la mirada clásica operativa de los procesos de medida en la enseñanza de las ciencias, surgen diversas investigaciones apoyadas en la historia, la filosofía y la epistemología de las ciencias (Martins, 2007; Ferreirós & Ordóñez, 2002; Guidoni & Arcá, 1987; Malagón, et al., 2011; Romero & Aguilar, 2013; Romero & Rodríguez, 2006). Algunas de estas investigaciones han resaltado el trabajo realizado por

Duhem (2003) y Campbell (1994) en torno a determinar las propiedades susceptibles de ser medidas y los mecanismos adecuados para hacerlo, lo cual juega un papel importante en los procesos de construcción de una magnitud física a partir de la identificación de cualidades y su posterior cuantificación.

De acuerdo con Guidoni & Arcá (1987) y Romero & Aguilar (2013), una de las bases del proceso de medida es la identificación de clases de equivalencia. Según estos autores se pueden construir *clases*, cuando es posible la identificación de ciertas características comunes en fenómenos u objetos según la propiedad escogida como criterio de comparación. Por ejemplo, en la cotidianidad se sabe que no todos los cuerpos flotan cuando son arrojados en agua: unos se hunden hasta el fondo, otros flotan en la superficie. Así, se conoce que una pequeña esfera de hierro se hunde en agua, mientras que un gran tronco de madera flota en ella. Este tipo de situaciones permiten establecer clases de cuerpos que se hunden y clases que flotan en agua. Como estas consideraciones parten del contexto diario, se puede aprovechar ese conocimiento contextualizado de los estudiantes para que enuncien otras situaciones en las cuales se evidencie que ciertos cuerpos flotan o se hunden en agua. En este sentido, tiene cabida proponer a los estudiantes considerar varios cuerpos sólidos como: un cubo pequeño de madera de “Guayacán guajiro”, un cubo de madera Nazareno, un prisma grande de balsa, un prisma pequeño de plástico, una esfera pequeña de hierro, un trozo de madera Algarrobo, entre otros (véase Foto 1) y solicitarles que describan detalladamente lo que sucede cuando, uno a uno y secuencialmente, ellos se dejan caer en un recipiente con agua<sup>3</sup>.



Foto 1: Cuerpos sólidos de diferentes materiales y formas.

<sup>3</sup> Para ampliar esta idea véase la actividad 1 de la propuesta didáctica en el anexo 2.

Ejemplos como el descrito anteriormente, no sólo permiten el establecimiento de clases sino que también posibilitan ampliar la experiencia respecto a un fenómeno, para el caso, la flotabilidad de los cuerpos. Según Guidoni & Arcá (1987), sólo se construyen nuevas interpretaciones sobre la base de lo que ya se ha vivido, lo cual permite comparar aspectos de las experiencias actuales con la evocación de otras que pertenecen a experiencias pasadas, incluso permite prever resultados al confrontar una situación con lo vivenciado.

Una vez identificadas estas características comunes organizadas (formalizadas) a través de clases, la variación de algunas de ellas dentro de un grupo o clase, se hace posible su *ordenación* según los resultados de una comparación de los posibles valores que puede tomar la propiedad elegida (Romero & Aguilar, 2013; Duhem, 2003; Campbell, 1994). Continuando con el ejemplo anterior, dentro del grupo o clase de los cuerpos que flotan en agua, y teniendo en cuenta que no todos los cuerpos flotan de la misma manera, se puede realizar la ordenación de mayor a menor grado de flotabilidad en agua teniendo como referencia la parte expuesta o emergida sobre la superficie: la flotabilidad en agua de un prisma de balsa es mayor que la flotabilidad de un trozo de madera algarrobo, que a su vez es mayor que la flotabilidad de un cubo de madera nazareno (véase Foto 2).

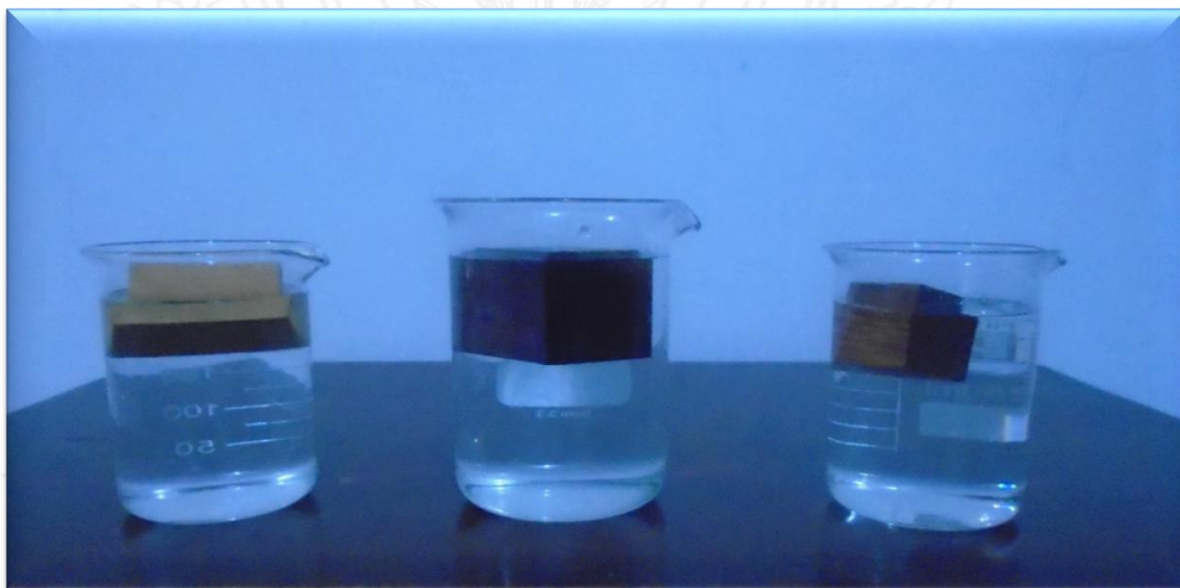


Foto 2: De izquierda a derecha balsa, nazareno y algarrobo en agua.

En este sentido, los conceptos de clase y orden dependen de la identificación y establecimiento de similitudes y diferencias –respectivamente– en objetos, procesos o fenómenos, a través de la comparación. Dicha identificación de las propiedades o de las características permite evidenciar en éstas permanencias y cambios, lo cual conlleva también a considerar dentro del proceso de medición lo que se denomina variable, y cuando



dichas características varían, se da la necesidad de confrontación o comparación de variables o clases (Guidoni & Arcá, 1987; Campbell, 1994; Duhem, 2003).

Tal como lo afirma Wartofsky (como se citó en Romero & Aguilar, 2013), “al realizar una observación ya se está realizando una clasificación: lo que se selecciona son rasgos o características que, según las circunstancias o las convenciones, reciben el nombre de propiedades, atributos o cualidades” (p. 95).

En este sentido, la base de todo proceso de medida se encuentra en la capacidad del sujeto para clasificar y ordenar pero esto no es suficiente. Para medir las propiedades se requiere de su representación a través de números o cifras.

### **3.1.2. Medición como adecuación entre experiencia y teoría**

Mach (1948) propone que en la misma idea de observación ya hay un asunto de adecuación entre una serie de situaciones percibidas y una serie de representaciones mentales que tiene el individuo, es decir, observar es adecuar lo que piensa el sujeto a la situación que se da. En términos de este autor: “La adaptación de los pensamientos a los hechos, es para decirlo mejor, la observación; la adaptación de los pensamientos entre sí, la teoría” (p. 142).

Complementariamente, este autor plantea una idea de observación influida por la teoría. A su vez, la observación puede modificar las organizaciones conceptuales del individuo. De esta manera, es posible afirmar que existe una relación de retroalimentación entre la observación y la teoría. Además, que esta relación se hace más evidente cuando los individuos desarrollan actividades experimentales como escenario para la construcción de conocimiento científico.

Pensar y actuar no son dos procesos aislados, para actuar se debe producir una adecuación entre la experiencia y el pensamiento. En este mismo sentido, los procesos de medida actúan como intermediarios entre la experiencia y la teoría dando sentido a los hechos construidos (Duhem, 2003). Para el logro de estos propósitos, se hace necesario construir una base experiencial que permita establecer comparaciones como ya se había mencionado.

Lo anterior se constituye en la base para la explicación de fenómenos o situaciones, puesto que cualquier explicación que se haga tiene que ser adecuada en la experiencia (Mach, 1948). Es decir, cualquier concepto que se maneje funciona en la medida que sirva para explicar lo que se percibe. Por ejemplo, en la experiencia se sabe que el aceite flota en agua o que el agua se hunde en aceite. Estas situaciones (hechos) inicialmente pueden ser pictóricas, orales o escritas, como representaciones a través del lenguaje de las situaciones o fenómenos.

El propósito es trasladar este tipo de situaciones a una representación más abstracta como la cartesiana, la cual se ha constituido en paradigmática en la historia de la física. A través de ella la representación geométrica se privilegia frente a otras representaciones, al hacer corresponder una propiedad variable con una recta. Pero, lo característico de la representación cartesiana no es sólo que represente una propiedad con una recta, es que también al utilizar la recta como representación de la propiedad todas las características de la recta se asignan a la propiedad, obedeciendo la representación y la propiedad a la misma estructura (Romero & Aguilar, 2013).

De igual manera, una línea en el plano cartesiano habla de la relación entre dos propiedades o variables, por ejemplo el peso y el volumen, este aspecto se amplía en la perspectiva de Campbell sobre ley numérica. Privilegiar el uso de la representación cartesiana, trae ciertas implicaciones, no sólo representar en un plano sino también poder leer un plano y extraer de ahí relaciones para el fenómeno, es un asunto de doble vía, porque permite proponer situaciones a las que es posible anticiparse a través de la experiencia, no en términos de constatación o verificación sino en términos de que se pueda replicar en un experimento.

Con el objeto de construir una mirada fenoménica del proceso de medición, se hace necesario no solo considerar propiedades asociadas a cantidades sino también a cualidades, como las intensidades, y que estas últimas sean susceptibles de asignación numérica (cifras). Adicionalmente, en ambos tipos de propiedades debe ser posible la clasificación y ordenación (como se mencionó en el apartado anterior), identificándose tales correspondencias con la medición de ciertos atributos de la física (Romero & Aguilar, 2013).

En su acepción más amplia la medición se puede definir de acuerdo a los planteamientos de Campbell (1994) y de Duhem (2003), como el proceso que permite la asignación de números a propiedades o atributos para ser representadas y que permite dar información de ellas, utilizando las relaciones de orden (igualdad y desigualdad), las cuales son asociadas directamente con la teoría de números (Rodríguez, 2008).

A continuación se desarrollarán las ideas que sobre los procesos de medición aportan los trabajos realizados por Norman Campbell (1880 - 1949) y Pierre Duhem (1861 - 1916).

### **3.1.2.1. La perspectiva de Pierre Duhem**

Según Duhem (2003), una propiedad se puede medir cuando es posible su comparación entre un grupo de objetos a los que se les asigna una característica común relacionada con la propiedad en cuestión. La identificación de atributos variables dentro de una misma clase hace posible la ordenación y el posterior establecimiento de patrones para la cuantificación de la propiedad seleccionada. Siguiendo a Duhem (2003), los atributos

físicos que son magnitudes presentan características semejantes. Duhem denomina a los diferentes valores que puede tomar una cantidad “estados de la cantidad”, en los cuales se presentan relaciones de igualdad o de desigualdad que pueden representarse en el lenguaje aritmético por los signos  $<$  (menor que),  $>$  (mayor que) ó  $=$  (igual que). Así, los estados de una cantidad pueden formarse por la suma de estados más pequeños de la misma cantidad. En este sentido, cada valor de una cantidad, por medio de una operación conmutativa y asociativa, corresponde a la adición de valores menores al valor en consideración, pero de la misma especie, que constituyen sus partes.

Siguiendo a este autor, se podría someter siempre esta magnitud a una operación que posee la doble propiedad conmutativa y asociativa, y consecuentemente, susceptible de ser representada por el símbolo aritmético de la adición, por el signo  $+$ . Esta operación permite definir la magnitud por medio de números reales y de un patrón. Esa asociación se conoce con el nombre de “número concreto”. (p. 142)

A manera de ejemplos Duhem (2003) propone la idea de longitudes iguales y longitudes desiguales que responden a dos características básicas: “Dos longitudes iguales a una misma longitud son iguales entre sí. Si una primera longitud es mayor que una segunda, y ésta es mayor que una tercera, la primera longitud es mayor que la tercera” (p. 139). La primera característica se puede representar como, si  $A = C$  y  $B = C$ , entonces  $A = B$ . Mientras que en la segunda característica, si  $A > B$  y  $B > C$  da lugar a la desigualdad  $A > C$ .

De acuerdo con Duhem, en virtud del carácter aditivo de esta cantidad, junto con sus propiedades conmutativa y asociativa es posible construir longitudes más grandes a partir de la adición secuencial de otras más pequeñas (estados más pequeños), como se planteó anteriormente. Lo cual puede expresarse como:  $S = A + B + C + \dots$ . En particular, si  $S$  es la suma de cualquier valor de cantidades iguales entre sí, pero menores que  $S$ , se puede escribir como:  $S = A + A + A + \dots$ ; o  $S = A \times n$ . Siendo  $n$  el número de las longitudes iguales entre sí, cuya adición sucesiva da origen a la longitud  $S$ . La expresión  $A \times n$  se establece como precursora de la medida de la longitud, donde adicionalmente  $n$  se constituye en un número acompañado de cierta longitud-patrón definida por única vez. Así, la medición de cantidades (magnitudes extensivas) está relacionada con la identificación de una unidad de medida, ligada a su vez, con la característica de ser aditiva.

En este sentido, se conocerá perfectamente una longitud cuando se haya definido su valor numérico y la unidad patrón. Según Duhem (2003), lo planteado anteriormente puede aplicarse a variables como volúmenes, tiempos, ángulos, superficies.

No obstante, no todas las propiedades de los cuerpos son cantidades; existen otras que son cualidades y tienen relación con la experiencia cualitativa del sujeto. Las cualidades que son susceptibles de asignárseles grados o intensidades se pueden ordenar, lo



cual está en relación con la idea de la clasificación y la ordenación como bases para el proceso de medida discutida en el párrafo anterior. Así, de la misma manera que es posible ordenar las cantidades y representarlas por números, Duhem propone ordenar y representar con números las cualidades:

Ante todo, querríamos establecer una relación entre las diversas intensidades de una misma cualidad y los distintos estados de magnitud de una misma cantidad; comparar el aumento de intensidad (*intensio*) o el debilitamiento de intensidad (*remissio*) con el aumento o la disminución de una longitud, de una superficie o de un volumen. (Duhem, 2003, p. 143)

Duhem (2003), aclara que la intensidad no es la suma de las partes. “Cada intensidad de una cualidad tiene sus características propias, individuales, que la hacen totalmente distinta de las intensidades menos elevadas o de las intensidades más elevadas” (p. 144). Así, no se puede obtener un rojo más intenso o menos intenso por la suma de dos trozos de tela roja intensa o menos intensa respectivamente. Y es precisamente por esto que la forma de medir las cualidades no puede ser la misma que para medir las cantidades, porque no tienen ese carácter aditivo. No obstante, Duhem plantea que el hecho de referirse a la noción cualitativa de una característica no impide la asignación de números para representar sus diferentes estados:

Una misma cualidad puede presentar una infinidad de intensidades distintas, y esas intensidades distintas se pueden fijar y numerar, poniendo el mismo número cuando la misma cualidad se presenta con la misma intensidad, y marcando con un segundo número más elevado que el primero en el caso de que la cualidad considerada sea más intensa. (Duhem, 2003, p. 149)

Lo anterior, permite la construcción de *escalas* como procedimiento para medir cualidades. En términos de Duhem (2003):

Como una magnitud no se define simplemente por un número abstracto, sino por un número unido al conocimiento concreto de un patrón, tampoco la intensidad de una cualidad está totalmente representada por un símbolo numérico; a ese símbolo hay que añadirle un procedimiento concreto que permita obtener la escala de esas intensidades. Solamente el conocimiento de esta escala permite dar un sentido físico a las proporciones algebraicas que se refieren a los números que representan las distintas intensidades de la cualidad estudiada. (p. 152)

Para el proceso de construcción de escalas, basados en lo anterior, se puede tener en cuenta:

1. Además de haberse identificado la cualidad y que sus diferentes intensidades sean susceptibles de ordenación, es decir que tenga posibilidad de gradaciones que puedan eventualmente asociarse con números, la cualidad debe asociarse con una cantidad. Utilizando como criterio de asociación que en la experiencia se perciba que las variaciones

de dicha intensidad estén acopladas con cambios de alguna cantidad. Por ejemplo: la temperatura con la dilatación y la flotabilidad con la parte emergida del cuerpo.

2. Se elige esta asociación de tal modo que la magnitud de la cantidad asociada vaya creciendo al mismo tiempo que la cualidad se vuelva más intensa. Es decir, a mayores intensidades de la cualidad mayores valores de la cantidad.

Es importante resaltar, siguiendo a Duhem (2003), que la elección de una escala adecuada permite sustituir el estudio de las distintas intensidades de una cualidad por la consideración de números, sometidos a las reglas del cálculo algebraico. Así, el aspecto clave de la medición de las cualidades es la construcción de escalas porque a través de ellas se asignan números.

A continuación se desarrolla el trabajo de Norman Campbell (1994) sobre el proceso de medida, el cual proporciona elementos complementarios a los que ya se han comentado.

### **3.1.2.2. La perspectiva de Norman Campbell**

Campbell (1994) plantea que la medición es una de varias nociones de la ciencia que se deriva del sentido común, cuando se ha alcanzado un grado de civilización relativamente alto. En términos generales, este autor define la medición como la asignación de números a propiedades para que puedan ser representadas. No obstante, hace hincapié en que no todas las propiedades pueden representarse mediante números. Por ejemplo:

Al comprar un saco de patatas puedo preguntar cuánto pesa y cuánto cuesta, y esperar como respuesta en cada caso un número: pesa 25 Kg. Y cuesta 120 Ptas [propiedades medibles]. Pero también puedo preguntar qué variedad de patatas contiene, y si son adecuadas para hervir [propiedades no medibles]; no esperaré contestación numérica a estas preguntas. (Campbell, 1994, p. 1)

A partir de estas situaciones, Campbell (1994) centra su atención en las condiciones que debe satisfacer una propiedad para poder ser medible. Para responder a esta situación propone: “las propiedades medibles de un objeto tienen que parecerse de algún modo particular a la propiedad de ser número, puesto que pueden representarse adecuadamente por los mismos símbolos; tienen que tener alguna cualidad común con los números” (p. 2).

El proceso de medición de una propiedad física no solo implica el establecimiento de clases e identificación de una estructura de orden, sino también el que se pueda representar con cifras los posibles valores que toma esa propiedad y su cuantificación. Al respecto Campbell (1994), propone: “las propiedades que pueden ser representadas por cifras, es decir susceptibles de ser medidas, son aquellas que cambian por la combinación de cuerpos semejantes” (p. 190), e identifica tres reglas para que se dé esta posibilidad:



1. Si dos objetos respecto a una propiedad, son iguales a un tercer objeto, entonces éstos son iguales el uno respecto del otro.

2. Es posible la construcción de una serie normal por la adición sucesiva de objetos iguales respecto a una propiedad, que permita medir cualquier otro objeto de la misma propiedad, es decir, lo que se conoce como patrón de medida.

3. Iguales añadidos a iguales producen sumas iguales.

De acuerdo con lo anterior, las propiedades que pueden ser medidas, inicialmente a partir de estas reglas, son las que se les puede atribuir una estructura aditiva, es decir las propiedades extensivas. No obstante, esto no se da para el caso de propiedades como la densidad, donde el valor asignado del cuerpo en su conjunto es igual al valor de cualquiera de sus partes, es decir, aquellas magnitudes que no varían cuando cambian la extensión del cuerpo, denominadas magnitudes intensivas.

Según Campbell (1994), “para conseguir que una propiedad sea medible tenemos que hallar algún método para decidir acerca de la igualdad y de la adición de objetos, de modo que se cumplan esas reglas” (p. 6). Un ejemplo a través del cual se puede explicar que una propiedad es medible es la longitud. Se dice que dos varas de madera son iguales en longitud si pueden colocarse de tal modo que los extremos de una queden contiguos a los dos extremos de la otra; están sumadas respecto a la longitud cuando se coloca el extremo de la una a continuación del extremo de otra formado un solo trozo recto. Aquí también comprobamos que se cumplen las tres reglas propuestas por Campbell. Si dos cuerpos J y K son iguales en longitud a un cuerpo L, son iguales entre sí. Sumando sucesivamente longitudes de varas de madera unas a otras, se puede formar una vara cuya longitud sea igual a la longitud de cualquier vara propuesta. Varas iguales en longitud sumadas a varas iguales producen varas iguales.

Otro ejemplo de propiedad medible es el peso. Tal como lo señalan Romero & Aguilar (2013, pp. 100) se considera que dos cuerpos de madera tienen el mismo peso cuando, al depositarlos en los dos extremos de una balanza de brazos iguales, ninguno de los dos cuerpos tiende a bajar, permaneciendo el sistema en equilibrio. Puestos estos dos cuerpos simultáneamente en el mismo extremo de la balanza se consideran sumados respecto del peso. A partir de este método se puede decidir sobre la igualdad y la adición de cuerpos de madera y se cumplen las tres reglas:

1. Si el cuerpo J equilibra al cuerpo K y el cuerpo K equilibra al cuerpo L, entonces el cuerpo J equilibra al cuerpo L. Queda resuelta la transitividad de la igualdad de pesos de cuerpos.

2. Colocando un cuerpo en un extremo de la balanza y añadiéndole secuencialmente cuerpos en el mismo extremo puede construirse una colección de cuerpos que equilibre cualquier otro cuerpo colocado en el otro extremo de la balanza.

3. Si el cuerpo J equilibra el cuerpo K y el cuerpo L equilibra el cuerpo M, entonces los cuerpos J y L colocados juntos en un mismo extremo de la balanza equilibran a los

cuerpos K y M colocados simultáneamente en el otro extremo de la balanza, a iguales distancias del punto de apoyo. De esta forma, si la igualdad y la adición de la propiedad en consideración están identificadas, y se cumplen las reglas propuestas, la propiedad es medible. Pero Campbell aclara que como resolver la igualdad y la adición es un asunto que tiene que ver con la experiencia, se basa enteramente en la investigación experimental.

Por otra parte, advierte Campbell (1994), hay propiedades que no pueden ser medidas por el “proceso fundamental” hasta aquí descrito; tales propiedades se denominan derivadas o dependientes y no son susceptibles de adición pero sí de ordenación. Un ejemplo basado en este autor es la densidad:

Por muchas porciones de agua que tomemos, todas de la misma densidad, nunca produciremos un cuerpo de otra densidad. [...] la densidad es algo que tiene que ser característico de todas las porciones de agua, pequeñas o grandes. La densidad del agua, que es una “cualidad” de ella, es algo fundamentalmente independiente y en contraste con el peso del agua, que es su “cantidad”. (p.11)

Al no poderse realizar la operación de adición queda como recurso la semejanza respecto al orden, características de éste tipo de propiedades de carácter cualitativo. Se puede expresar así que un líquido A, por ejemplo, es “más denso” que un líquido B, si el líquido A se hunde en el líquido B (una vez se haya resuelto esta situación en la experiencia). A partir de esto, se puede establecer la relación que la densidad del líquido A es mayor que la densidad del líquido B. Esta situación puede ampliarse para el caso de líquidos y sólidos: si se constata que un cuerpo J flota en un medio K y se hunde en otro medio L, otro cuerpo M que se hunda en el medio K, también se hundirá en el medio L. Lo que permite ubicarlos en orden de mayor a menor grado de flotabilidad: flotabilidad de L > la flotabilidad de J > la flotabilidad de K > la flotabilidad de M. En este sentido, se pueden también ordenar las sustancias anteriores según su densidad de menor a mayor (asociando el fenómeno de flotabilidad de los cuerpos con la densidad de los mismos): densidad de L < la densidad de J < la densidad de K < la densidad de M. Al colocar los cuerpos en un orden determinado es posible establecer una serie, por ejemplo del “más denso” al “menos denso” y por consiguiente, atribuir a M la densidad 4, a K la densidad 3, a J la densidad 2 y a L la densidad 1. Aunque no es una correspondencia única, podría razonablemente llamarse una medición en términos de Campbell.

A pesar de lo anterior, se encuentran dificultades a la hora de generalizar dicho proceso. Sin embargo, se hace alusión a que propiedades como el peso específico, la densidad, entre otras, se componen de la relación entre dos propiedades que sí cumplen con las reglas de la adición y la igualdad. Tales propiedades son el peso y el volumen, lo que permite establecer una relación numérica entre ellas y la asignación de cifras permitiendo así realizar una ordenación entre varios objetos que comparten esta característica. Para Campbell, la densidad del agua es una “cualidad” de ella, que depende de dos propiedades, el peso y el volumen. Al respecto, Campbell (1994), señala que:

En el caso de la densidad, hallo que si mido el peso y el volumen de un cuerpo y divido el peso por el volumen, las cifras así obtenidas para diferentes cuerpos se encuentran en el mismo orden que sus densidades, definiendo la densidad. Así descubro que 1 litro de agua pesa 1 kg, y que un litro de mercurio pesa 135 kg; el peso dividido por el volumen da para el agua 1, y para el mercurio 13,5; 13,5 es mayor que 1; según esto, si el método es correcto, el mercurio debe ser más denso que el agua [...]. Por tanto, si tomo como medida de la densidad de una sustancia el cociente de su peso por su volumen, hallo un número que está fijado de un modo definido y cuyo orden representa el orden de densidad. (p. 14)

Partiendo de lo anterior, al representar en el plano cartesiano el volumen respecto al peso de una sustancia se produce una línea recta que corresponde a la relación numérica (ley numérica) entre estas dos variables. Si se representa en un mismo plano esta relación para varias sustancias el orden de la relación numérica corresponde al orden de las densidades de las sustancias en cuestión (véase Tabla 1 e Ilustración 1). En términos de Campbell (1994): “la densidad es medible porque existe una relación numérica fija, enunciada por una “ley numérica”, entre el peso de una sustancia y su volumen” (p. 202). Esta idea de relación numérica fija o “ley numérica” se convierte en la base del proceso de medida de propiedades derivadas o dependientes como la densidad.

| Agua         |          | Aceite       |          | Alcohol      |          |
|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| volumen (ml) | Peso (g) | volumen (ml) | Peso (g) | volumen (ml) | Peso (g) |
| 0            | 0        | 0            | 0        | 0            | 0        |
| 5            | 5        | 5            | 4,60     | 5            | 3,95     |
| 10           | 10       | 10           | 9,20     | 10           | 7,90     |
| 15           | 15       | 15           | 13,80    | 15           | 11,85    |
| 20           | 20       | 20           | 18,40    | 20           | 15,80    |
| 25           | 25       | 25           | 23,00    | 25           | 19,75    |
| 30           | 30       | 30           | 27,60    | 30           | 23,70    |

Tabla 1: Pesos y volúmenes de agua, aceite y alcohol.

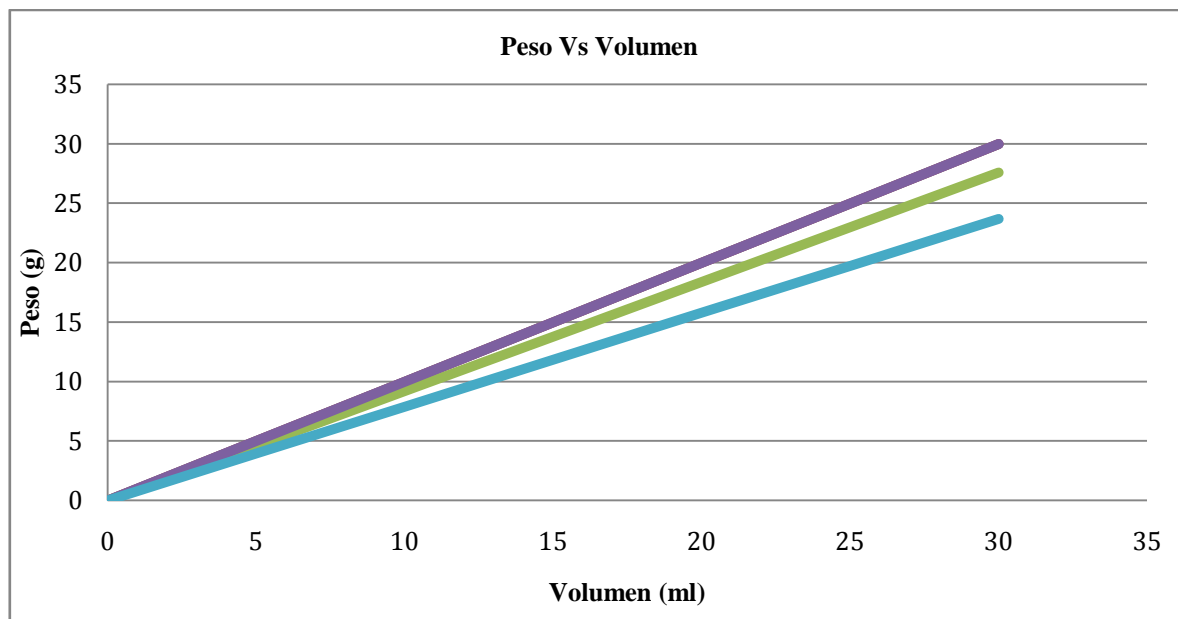


Ilustración 1: Representación de pesos contra volúmenes para tres sustancias: agua (morado), aceite (verde) y alcohol (azul).

Adicional a las consideraciones sobre clasificación, ordenación, cantidades y cualidades, es necesario asumir una postura en torno a la manera como en esta investigación se asume el instrumento de medida. Esta mirada se desarrolla a continuación.

### 3.1.3. El Instrumento como concreción de la organización del fenómeno

En la enseñanza de la física se habla de manera habitual de magnitudes como la temperatura, el tiempo, el peso, la densidad, entre otras. Romero & Aguilar (2013) plantean que estas magnitudes se abordan, en el contexto escolar, en relación con la noción de medición: proceso que posibilita la asignación de cifras o números a propiedades físicas. No obstante, la medición en las clases de ciencias se ha reducido a un proceso cuantitativo y operativo en el que no se abordan adecuadamente las cantidades y cualidades o intensidades, y se centra la atención en el instrumento como lector de datos restándosele importancia a los procesos de cuantificación de las propiedades físicas.

Así, Martins (2007) plantea que los instrumentos de medición son usualmente asumidos como “cajas negras” que producen lecturas cuando son aplicados a sistemas físicos. Es en este sentido que el instrumento dentro del trabajo experimental y los procesos de medición en las clases de ciencias juegan un papel absolutista. Este autor hace una propuesta para superar esta situación, al mencionar que es posible analizar y probar los instrumentos de medición, no es necesario tener una fe ciega en su funcionamiento. Lo anterior, exige pensar el “método” particular de hacer un experimento y estar siempre sospechosos del aparato o instrumento de medición.



Complementariamente, Martins plantea la necesidad de unas condiciones a priori a los procedimientos de medición con el propósito de obtener resultados que se ajusten a las propiedades básicas de magnitudes físicas. Dentro de estas condiciones se encuentra la necesidad de introducir consideraciones teóricas y lo que en esta investigación se ha denominado la base experiencial de los estudiantes.

Por su parte, Koponen & Mäntylä, (2006) plantean la necesidad de una reflexión sobre la “epistemología del experimento” por parte de los profesores al considerar que en la enseñanza de la Física es fundamental analizar el papel del experimento en la producción de nuevo conocimiento y la construcción de significados a conceptos teóricos. Estos autores consideran que este tipo de reflexiones no son tratadas de manera directa en los textos guías de física, puesto que centran la atención (en la mayoría de los casos) en aspectos educativos de hacer experimentos, en su papel en el aprendizaje y en cuestionamientos prácticos relacionados con la enseñanza.

Tal como lo señalan Romero & Aguilar (2013, pp. 46-47.), conviene también reconocer que, en términos de estos autores, son tres los dominios de conocimiento en la ciencia: el de la experiencia, la teoría y el de los instrumentos y procesos de medida. El primero tiene que ver con una serie de situaciones, relaciones y regularidades que se perciben del fenómeno (hechos) producidas en el mundo exterior y constatado por los sentidos (experiencia sensible de los sujetos). El segundo está relacionado con un conjunto de principios, magnitudes y símbolos articulados en un sistema de proposiciones y que tienen por objeto ofrecer una adecuada representación del dominio de la experiencia (formalizaciones). El tercer dominio, concebido como el nexo necesario entre los dos anteriores que hace corresponder las representaciones (proposiciones teóricas) con la experiencia, para que el dominio de la teoría no sea un simple lenguaje desprovisto de significado.

Así, Duhem (2003) plantea que el uso de instrumentos en sí mismos llega a ser posible solamente con la interpretación teórica de los fenómenos en los cuales se basa su funcionamiento. Complementariamente, Duhem (como se citó en Romero & Aguilar, 2013) plantea que la única forma de asegurar la correlación o adecuación entre la teoría (es decir la representación) y la experiencia es la identificación de un procedimiento concreto de medida. Los planteamientos de este autor permiten evidenciar el carácter tributario entre teoría y experimento.

Refiriéndose al carácter “fabricado” de los hechos e instrumentos científicos, Romero (2013) plantea que los instrumentos y los procesos de medida son los medios que posibilitan el modo en que los objetos de estudio de las ciencias se producen. Este autor, resalta el análisis que hacen Latour & Woolgar (1995) del trabajo de un grupo de científicos en el laboratorio, al proponer la idea de *instrumentos de inscripción*: un conjunto de elementos de un aparato o una configuración de esos elementos, cuya función es

transformar una “sustancia material” en una “inscripción gráfica” (histogramas, espectros, diagramas, otros) la cual pueden utilizar quienes tienen acceso al instrumento. Siendo importante este instrumento, porque es sólo a través de él que se posibilita la construcción de nueva información y por ende generar otras explicaciones y discursos (orales y escritos) para el fenómeno en estudio.

Este proceso dinámico de mutua retroalimentación permite potencializar la generación de nuevos elementos del instrumento y de los procedimientos experimentales. Así, los instrumentos de inscripción son desde esta perspectiva, teorías y prácticas reificadas en el sentido de que “la realidad artificial, que los participantes [científicos] describen en términos de una entidad objetiva, ha sido de hecho construida utilizando instrumentos de inscripción” (Latour y Woolgar, citado en Romero, 2013).

Lo anterior permite, en términos de Velasco (1998) la existencia de una relación de mutua retroalimentación entre instrumentos, experimentos y teoría. Adicionalmente, en la producción de cualquier producto experimental entran en juego tres elementos estructurales: un procedimiento material (hace referencia al conocimiento práctico), un modelo instrumental (comprensión conceptual del funcionamiento del instrumento) y un modelo fenoménico (comprensión teórica del fenómeno asociado al concepto objeto de estudio) Pickering (citado en García, 2011 y Romero, 2013).

En esta investigación se asume el instrumento como una concreción de la organización del fenómeno es decir, no es un punto de partida en el proceso de identificación y medición de magnitudes físicas, sino que se va construyendo en el proceso mismo de organización del fenómeno para dar sentido al dominio teórico. En este sentido, los aparatos de medición sirven de intermediarios entre la experiencia y la teoría como ya se había mencionado. En este orden de consideraciones, la construcción de instrumentos a partir de la caracterización de propiedades con la intención de clasificarlas y ordenarlas como base del proceso de medida, supone la construcción conceptual en torno al fenómeno analizado (Duhem, 2003; Campbell, 1994). Siguiendo a Malagón et al. (2011), el proceso de organización del fenómeno de la flotación permite la identificación de una magnitud, el peso específico, que posibilita avanzar en la comprensión teórica de dicho fenómeno y construir un aparato para medirla. Lo anterior, muestra el proceso interactivo y dialógico entre la organización y construcción del fenómeno, la conceptualización y el uso del instrumento.

Para fabricar un posible instrumento de medida asociado a la organización del fenómeno de la flotación, en esta investigación, se tuvo en cuenta el proceso de construcción de escalas descrito en la perspectiva de Duhem (1994) y la base experiencial del fenómeno en consideración. Respecto a esta última, se entiende por base experiencial todos aquellos aspectos que los individuos conocen e identifican de manera previa a través de la experiencia (lo vivido) y que se relacionan con uno o varios fenómenos en particular

(Guidoni & Arcá 1987). Lo anterior lleva al siguiente cuestionamiento, ¿cuáles son las situaciones o regularidades que se perciben en la experiencia, asociadas al fenómeno de la flotación, y que a su vez ellas posibilitan una primera construcción de un instrumento? Al respecto, es posible identificar aspectos claves como: se sabe de la experiencia que todos los cuerpos (o cuerpos de diferente materiales) no flotan en el mismo líquido, unos flotan y otros se hunden. Así mismo que de los diferentes materiales que flotan en unos medios no todos lo hacen de la misma manera: unos flotan más quedando mayor parte emergida, otros flotan menos y otros probablemente quedan suspendidos (véase ilustración 2). Otro aspecto es que los que flotan en un medio no necesariamente flotan en otro medio.



Ilustración 2: Representación de grados de flotabilidad utilizando diferentes medios y un cuerpo como referencia.

Complementariamente, al considerar cuerpos de diferentes materiales (véase Foto 1) para ser clasificados y ordenados de acuerdo con la noción de flotabilidad de los cuerpos al ser arrojados en agua, al dejar caer uno a uno y de manera secuencial los cuerpos en un recipiente con agua se pueden clasificar en dos clases: los que flotan y los que se hunden. Una vez identificadas las clases (los que flotan por ejemplo), dentro de una misma clase a través de ciertas variaciones como no flotar de la misma manera (grados de flotabilidad, véase Ilustración 2) se procede con la ordenación.

Para resolver la segunda situación, la ordenación, al arrojar en agua un trozo de madera Nazareno y otro de Guayacán Guajiro, el primero flota y el segundo se hunde. Si se cambia el medio por alcohol, ambos cuerpos se hunden. El análisis y comprensión de estas dos situaciones, a través de la experiencia y vía la comparación con el fenómeno de flotabilidad y su relación con el concepto de peso específico, así como de las leyes propuestas por Campbell (1994), permiten establecer un orden entre cuatro cuerpos o sustancias y adicionalmente, determinar el peso específico (densidad) de las sustancias involucradas en la experiencia. Así el mayor peso específico corresponde al Guayacán Guajiro, luego el agua, le sigue el Nazareno y el de menor peso específico es el alcohol (véase Foto 3).



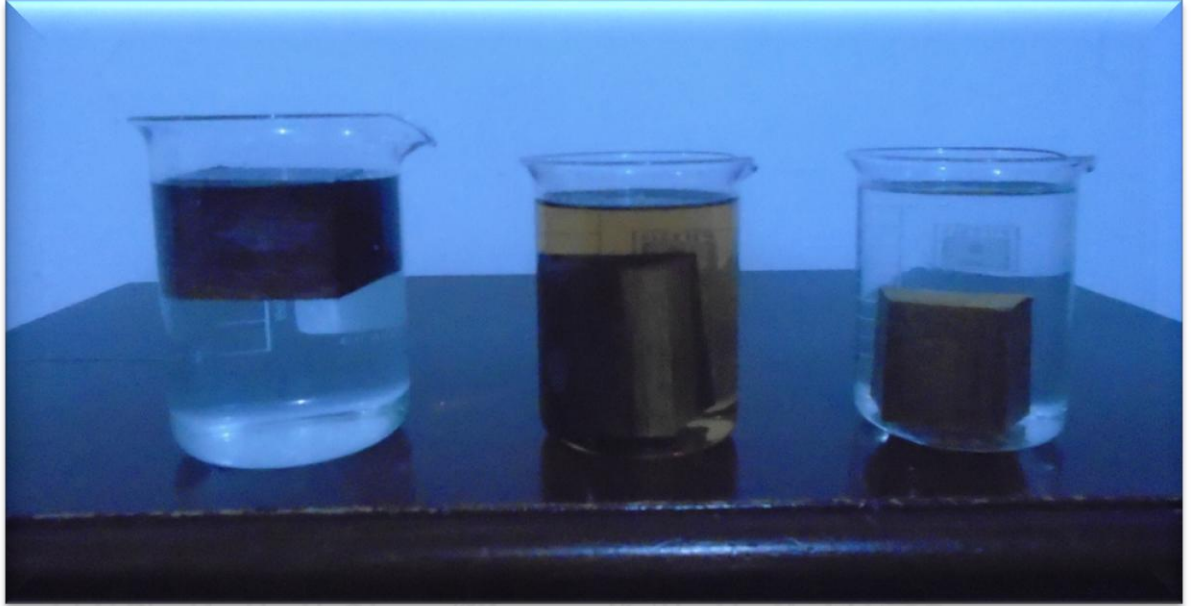


Foto 3: De izquierda a derecha nazareno en agua, nazareno en alcohol y Guayacán guajiro en agua.

En el párrafo anterior se habla de mayor y menor peso específico pero, ¿cómo hablar de igualdad en relación al peso específico? ¿Cómo se identifica que el peso específico de una sustancia es equivalente al de otra? Una alternativa consiste en recurrir a la historia y la epistemología de la ciencia a partir de fragmentos de la obra de Galileo Galilei (1638) (véase anexo 2), en la cual construye diálogos con tres personajes: Salviati, Sagredo y Simplicio; cada uno con un rol específico: el primero, representa el lugar de Galileo; el segundo, cumple el rol de hombre cultivado, listo a admitir las ideas nuevas y el tercero, está a cargo de presentar las objeciones ubicadas bajo la autoridad de Aristóteles. No obstante, para ilustrar este interrogante solo se presentan dos fragmentos del personaje Sagredo. Cabe mencionar que, en este fragmento, Galileo pretende construir sustancias equivalentes en su peso específico a partir de situaciones en las que modifica el cuerpo o el medio.

SAGREDO. Muchas veces me he empeñado, con toda mi paciencia, en reducir al mismo peso [*peso específico*] del agua una bola de cera, que de por sí sola no se va al fondo, añadiéndole granos de arena, hasta que se mantuviese en suspensión en medio de aquella; pero nunca, por más solicitud que empleara, llegué a conseguirlo. Por ello yo no sé si podremos hallar otra sustancia que, por naturaleza, sea en su gravedad [tendencia a caer] tan semejante al agua, que puesta en ésta pueda sostenerse a cualquier altura. (p. 104)

[...] SAGREDO. Valiéndome yo de otro ardid, engañé a varios amigos, ante quienes me había jactado de conseguir un justo equilibrio entre aquella bola de cera y el agua. Eché en el fondo del vaso un poco de agua salada, y encima otra dulce; así pude mostrarles la bola parada en medio del agua, y volviendo siempre hacia el medio cuando se la empujaba hasta el fondo o se la subía a la superficie. (p. 105)



Estos dos fragmentos brindan elementos importantes para responder al cuestionamiento anterior. En el primero, el personaje Sagredo propone modificar el estado del cuerpo añadiéndole distintos materiales para que este pueda sostenerse a cualquier altura en el agua. En el segundo, el mismo personaje propone, ya no la modificación del estado del cuerpo sino la del medio pero, en ambos casos se posibilita la equivalencia de pesos específicos y por lo tanto la igualdad.

Para explicar las observaciones, con respecto a las clasificaciones, la ordenación y la identificación de sustancias más o menos densas, el uso de representaciones juega un papel muy importante. Inicialmente se recurre a las representaciones orales (discurso verbal con el que se pretende explicar lo observado), escritas (textos a través de los cuales se busca narrar el discurso oral) y pictóricas o gráficas (dibujos que permiten esquematizar el discurso oral y escrito), ¿por qué es importante para los estudiantes el uso y adecuación de este tipo de representaciones? Hay una intención de construir un procedimiento para asignar números a la ordenación propuesta en la experiencia en términos de Campbell (1994), que se adecue a la organización ya establecida para construir una escala basada en la propuesta de Duhem (2003). En este sentido se puede recurrir a la construcción e interpretación de gráficas cartesianas de masa contra volumen para la identificación de regularidades a través de las cuales se concrete una escala de medida acorde con la propiedad y el fenómeno objeto de estudio. Como una única representación (la cartesiana) no es suficiente para comunicar los posibles hallazgos, los estudiantes se pueden apoyar (adicionalmente) en el discurso verbal y oral para construir explicaciones que les permita convencer a sus pares de que tienen la razón.

A partir de la base experiencial es posible una primera construcción de un aparato o instrumento de medida para el peso específico (véase Foto 4). Aunque probablemente este aparato solamente permita comparar relaciones de orden, ya es un instrumento de medida en el sentido de la mirada de Campbell de que en el instrumento de alguna forma tiene que empezarse a identificar otra cualidad en principio extensiva (la longitud) que se asocia con la variación de la cualidad que se está tratando de considerar. Aquí no se puede aún realizar una asignación numérica sino simplemente ordenaciones, mayor o menor, una primera aproximación.

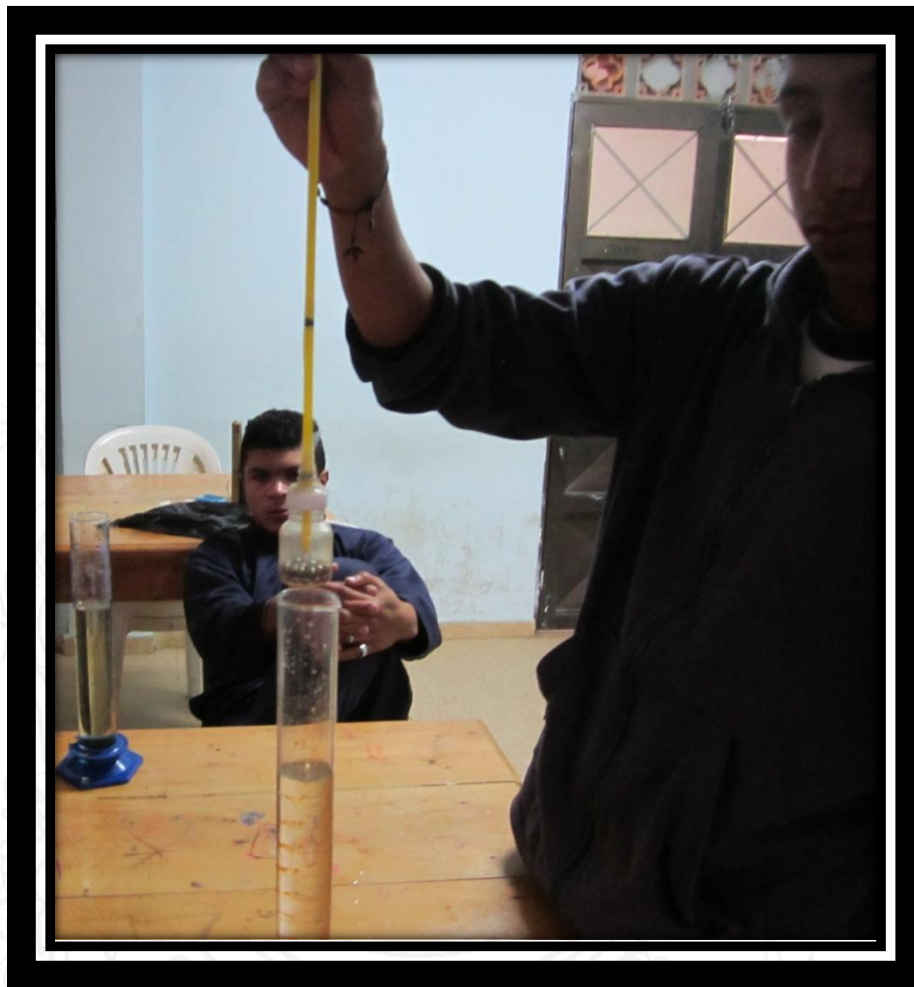


Foto 4: Instrumento de medida para determinar pesos específicos y densidades de líquidos (El Areómetro).

El aparato de medida en consideración es el areómetro: un tubo delgado (capilar) con un bulbo lastrado en un extremo con el objetivo de que se hunda verticalmente en diferentes medios (agua, alcohol, aceite, agua salada, entre otros) y permita evidenciar los grados de flotabilidad del instrumento en dichos líquidos. Siendo la parte que queda emergente del instrumento un indicador no del peso específico o de la densidad de uno u otro material sino de su relación.

Luego viene un procedimiento para asignar números y el procedimiento aquí puede ser de dos formas: una comparándolo con la mirada de Campbell del cociente de dos magnitudes extensivas haciendo uso el diagrama cartesiano (véase la Tabla 1 y la Ilustración 1), y que los valores identificados de este cociente entre peso y volumen (ambos medibles por las reglas ya enunciadas) corresponden al orden antes percibido en la parte de la experiencia básica y constatado en el instrumento graduado sin escala pero de manera cualitativa. Se puede identificar la ley numérica aunque el propósito de esta sea la construcción de una escala cuantitativa.

El segundo procedimiento es la construcción de una escala que inicialmente no es numérica sino de orden (véase Foto 5). Volviendo a retomar a Duhem (2003), el peso específico se relacionan con la flotabilidad de los cuerpos, en este caso se asumirá la parte emergida del cuerpo al ser arrojado en un medio como una relación cuantitativa, de tal modo que ésta crezca a medida que la cualidad denominada flotabilidad se haga más intensa (véase Ilustración 2). Esta parte emergida se asocia con una variable extensiva, la longitud, posibilitando la construcción de una escala numérica a través de la cual es posible asignar números a la cualidad en cuestión.



Foto 5: Areómetros, en las escalas están representadas de abajo hacia arriba: agua salada, agua azucarada y agua.

Estos análisis conceptuales permiten en su conjunto hacer una propuesta de organización del fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico (o densidad), en el sentido de establecer un procedimiento concreto que permita obtener estados de flotabilidad predeterminados y cuantificar sus cambios.

Una propuesta interesante es plantear a los estudiantes el diseño, construcción y calibración de un areómetro (véase Foto 4 y 5), lo cual implica el conocimiento de los materiales y su funcionamiento, al igual que la comprensión del fenómeno y el concepto (flotabilidad y peso específico respectivamente) asociados al instrumento que se propone construir. Para calibrar (construcción de la escala de medida) el areómetro: se arroja en un medio y se marca con una línea la parte inferior de la columna que queda al ras con la superficie del medio una vez el sistema esté en equilibrio. Luego se repite el mismo

procedimiento con otros líquidos (medios) y se asignan los números respectivos en la columna, de abajo hacia arriba de mayor a menor. Estos valores numéricos coinciden<sup>4</sup> con los obtenidos en las gráficas de masa contra volumen y son equivalentes al peso específico de cada uno de los medios en el que flota el instrumento en mención.

Una vez construido y calibrado el areómetro, se pueden realizar actividades conectadas con la experiencia, tales como: en la cocina de las casas se pueden encontrar sustancias como: agua, alcohol, aceite, agua salada, agua azucarada, leche líquida, entre otras. Así, es posible proponer y realizar un procedimiento que permita comparar la flotabilidad de estas sustancias sin mezclarlas utilizando el instrumento de medida: ¿qué clases se pueden identificar? ¿En qué orden quedan las sustancias? ¿Qué criterios se tuvieron en cuenta para realizar el procedimiento, la clasificación y la ordenación? También se posibilita utilizar el instrumento para determinar por ejemplo, criterios de pureza de sustancias propias del contexto como la leche.

De esta manera se ha establecido un procedimiento concreto que permite obtener estados de flotabilidad predeterminados y cuantificar sus cambios. Lo anterior, se constituye en un criterio para construir y calibrar un buen aerómetro y estudiar el comportamiento de una propiedad, el peso específico de una sustancia dada, a través de la flotabilidad de los cuerpos. Por lo tanto, por medio del procedimiento concreto descrito anteriormente se ha mostrado cómo la construcción de cualquier escala confiable de peso específico y la construcción de un instrumento para medirla requieren partir de una comprensión del fenómeno de flotabilidad.

### **3.2. Construcción Social del Conocimiento**

En contraste con una postura positivista de los procesos de producción de conocimiento científico, diversos autores de la sociología, antropología y la filosofía de las ciencias vienen demandando por una visión del trabajo científico donde cobran gran importancia los procesos discursivos y dialógicos. Desde esta visión, la construcción y exposición de los conocimientos científicos no son dos actividades separadas. Existe una estrecha relación entre el trabajo en el laboratorio como producción de conocimiento y la interpretación y las formas de divulgación de los conocimientos producidos (Fleck, 1986; Kuhn, 1969; Shapin, 1991; Latour & Woolgar, 1995). Centrar la atención en estas formas de divulgación obliga a los científicos a focalizarse también en la construcción y utilización de estrategias y representaciones adecuadas para convencerse y convencer a otros de sus posibles construcciones y hallazgos, haciendo del conocimiento una construcción colectiva. Un gran número de investigaciones (Guidoni & Arcá, 1987; Arcá et al., 1990; García, 2011; Romero & Aguilar, 2013; Leitão, 2012; Jiménez & Díaz, 2003) en el campo de la

---

<sup>4</sup> Esta coincidencia no es en sentido estricto puesto que los valores pueden variar. No obstante, el orden de la relación numérica obtenida en la gráfica coincide con los constatados en la experiencia de flotación de dichos materiales.



enseñanza de las ciencias ha planteado la necesidad de responder a estas demandas al interior de la enseñanza.

Para profundizar en la reflexión en torno a la construcción social de conocimiento se plantean los siguientes interrogantes: ¿qué se está entendiendo por formalización del fenómeno de la flotación en esta investigación? ¿Cuáles aspectos son relevantes en el carácter dialógico de la construcción del conocimiento? Estos cuestionamientos se desarrollan a continuación.

### **3.2.1. Formalización del fenómeno de la flotación**

Según Guidoni & Arcá (1987), muchas variables intensivas se pueden identificar por relaciones definidas entre variables extensivas. Por ejemplo, las relaciones numéricas establecidas a través del cociente entre el peso y el volumen (variables extensivas) en una sustancia o por medio del cálculo de la pendiente en una gráfica de peso contra volumen, permiten determinar, para cada sustancia, una regularidad o ley numérica como se ha explicitado en párrafos anteriores. Así, para cada sustancia, peso y volumen “se acoplan” para posibilitar la construcción de variables intensivas como el peso específico y la densidad.

Esta posibilidad de acople entre dos variables extensivas para construir y representar una variable intensiva se basa en el proceso de formalización, que en términos de Guidoni & Arcá (1987) consiste en dar forma, definida y esquematizada a propiedades y fenómenos a través de conceptos especiales como: el fenómeno de flotabilidad, la noción de peso específico y la idea de que este último se oriente hacia la densidad. Este proceso requiere de la identificación de regularidades<sup>5</sup> en torno a la situación o conjunto de situaciones estudiadas.

Adicionalmente, en el proceso de formalización se puede hablar de un modo de ver por sistemas y por variables. Lo anterior significa que en una cierta situación, se identifican variables (como el peso específico y la densidad) y se trata de establecer las relaciones entre ellas. Para el caso del fenómeno de la flotación: flotar, quedar suspendido o no flotar. Aquí la idea de flotar es cierta relación entre dos sistemas, el cuerpo y el medio: ¿Cómo se da la relación de un cuerpo con su medio? ¿Qué características debe tener uno y otro para que el cuerpo flote, se hunda o quede suspendido? La idea de flotar no es una situación absoluta, es decir, si un cuerpo flota en agua, no significa que flote en todos los medios, es un asunto relacional, que depende del peso específico de los materiales involucrados y de las condiciones en las que se lleve a cabo la experiencia (véase Foto 6).

---

<sup>5</sup>Guidoni & Arcá (1987) denominan a las regularidades, reglas empíricas, para el caso de esta investigación, la identificación de ciertas regularidades en asuntos de la flotación permite describir algunos aspectos de la experiencia para luego llegar a generalizaciones, este proceso no se da de manera inmediata sino de forma gradual.



Foto 6: De izquierda a derecha nazareno en alcohol, agua y aceite.

El sistema en consideración es un líquido confinado en un recipiente que interactúa con otro material líquido o sólido también encerrado con ciertas características o propiedades variables. La identificación de estas propiedades no es solamente para identificar el sistema sino para determinar cuándo ese sistema puede interactuar o no con otro, a través de la flotación. La variable que se puede empezar a identificar y que caracteriza al sistema respecto a la flotación es la idea de peso específico o densidad.

Un sistema es identificado por una variable o grupos de variables que cuando ellas cambian no significa que cambia el sistema (es decir, el sistema no se convierte en otro) sino que cambia su estado<sup>6</sup> (Romero & Aguilar, 2013). Esas mismas variables permiten identificar cuándo un sistema puede interactuar con otro o no: la igualdad de la magnitud que caracteriza el estado del sistema (peso específico o densidad) significa no interacción, quedar suspendido a cualquier altura (véase Foto 7), diferencia de la magnitud significa posibilidad de interacción, lo que se interpreta como que se hunde o flota.

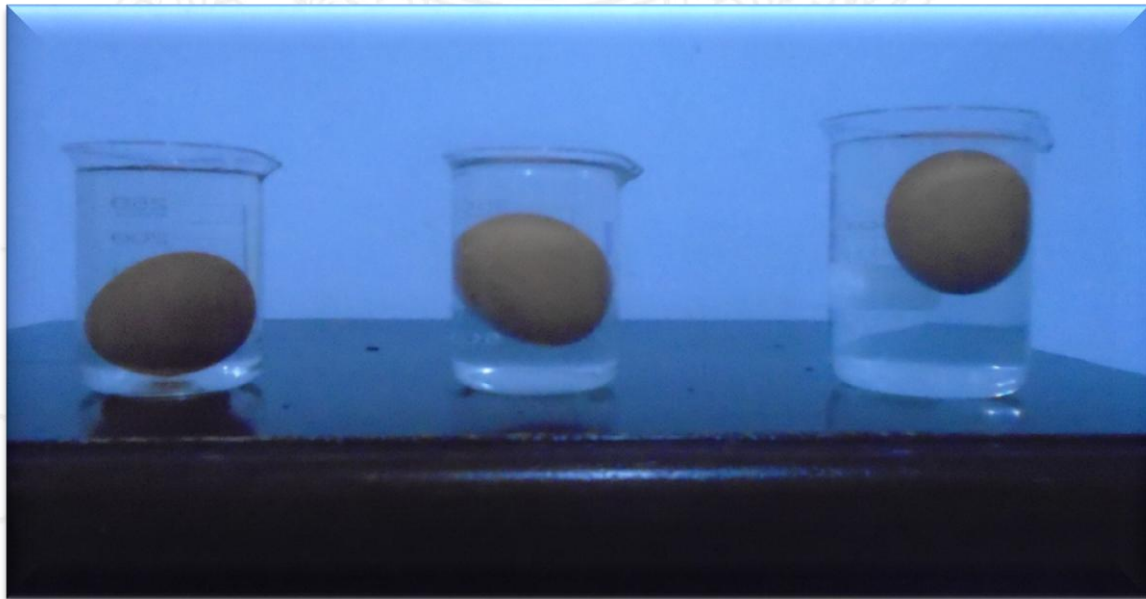


Foto 7: Huevos suspendidos a diferentes alturas en agua salada.

<sup>6</sup> Estado: significa el valor de una variable cuando esa variable no cambia, es decir está en equilibrio.

Adicionalmente en la flotación, el cuerpo flota hasta que llega al equilibrio ¿qué significa allí el equilibrio? Que el sistema interactúa con el otro de una manera que al final hay una “compensación”<sup>7</sup> de los pesos específicos, hay algo que permanece en equilibrio, éste se da en términos del principio de Arquímedes<sup>8</sup>: el volumen del líquido que se desaloja es equivalente a la cantidad del peso del sistema (cuerpo). Así el cuerpo ni sigue subiendo ni sigue bajando, se produce una igualdad de los pesos específicos, hay un equilibrio en la variable de estado, como cuando análogamente un cuerpo interactúa térmicamente con otro no lo hace de manera indefinida hay un momento en el que cesa la interacción y se produce un equilibrio térmico. Otra situación pero referida a los gradientes de concentración, un cuerpo en un medio como agua salada no tiene que quedar exactamente suspendido en la mitad sino que lo puede hacer a cualquier altura, lo cual contrasta con la idea que se tiene de que un sistema posee un peso específico o densidad homogénea pero no necesariamente, si se tienen en cuenta los gradientes de concentración dependiendo de las capas hay diferentes concentraciones y aunque sea un sistema particular está caracterizado por las mismas variables.

También es posible recurrir a la historia y la epistemología de la ciencia para ampliar el panorama en cuestión. En el párrafo anterior, el instrumento como concreción de la organización del fenómeno, se relacionó un fragmento de la obra de Galileo Galilei (1638) en el que el personaje Sagredo busca hacer que una bola de cera se mantuviera en suspensión en medio del agua. Cuando el personaje le adicionaba al cuerpo granos de arena lo que buscaba era que el sistema (bola de cera) tuviera un estado diferente, cambiarle el valor del peso específico para que fuese igual al del agua y por lo tanto pudiese sostenerse en ella a cualquier altura (hacerlo equivalente).

En el fenómeno de la flotación desde la perspectiva de sistemas y variables teniendo en cuenta la significación de estado se encuentra:

1. Se busca definir si un sistema permanece o no en su estado de flotación, si lo cambia y la manera como lo hace. La permanencia en el mismo estado de flotación significa no cambiar el peso específico o la densidad (grado de flotabilidad); su aumento o disminución son entendidos como cambios experimentados por el sistema. Quedar suspendido de una forma sería una equivalencia en cuanto al estado o sistema; hundirse o flotar, sería una no equivalencia.

2. Ningún sistema cambia su estado de flotación por sí solo; todo cambio de estado de flotación que experimenta un tipo de material implica necesariamente interacciones con otros sistemas (interacciones de peso específico o densidad).

---

<sup>7</sup> Los pesos específicos de los cuerpos o sustancias que interactúan no cambian. Cuando el sistema está en equilibrio se puede evidenciar si el cuerpo arrojado en un medio flota, se hunde o queda suspendido.

<sup>8</sup> Para ampliar la información acerca de los postulados de Arquímedes lea Vera, F. (1970). Científicos Griegos. Recopilación, estudio preliminar, preámbulos y notas. Sobre los cuerpos flotantes. Aguilar. Madrid. Pp. 238 – 245.



3. Dos sistemas pueden interactuar, en su flotabilidad, solo cuando sus pesos específicos o densidades son diferentes; es decir, para que un cuerpo A pueda modificar el estado de flotación de otro B y viceversa, sus pesos específicos o densidades tienen que ser diferentes. Si los cuerpos tienen el mismo peso específico o densidad no es posible que interactúen en su flotabilidad.

4. Cuando a dos sistemas con estados de flotación diferente se les permite interactuar, los dos cambian sus estados de flotación mientras dure la interacción.

En todo caso formalizar, es un proceso cognoscitivo circular<sup>9</sup> que parte de la base experiencial del sujeto y se potencia con el trabajo experimental (ampliación de la experiencia). No es un proceso individual, requiere del trabajo en colectivo y se constituye en punto de anclaje de la dinámica de construcción social de conocimiento. Así, distintos modos de ver son adaptados y organizados a modos de conocer colectivos a partir de los cuales es posible identificar y medir la misma variable en diferentes contextos (Guidoni & Arcá, 1987). Este proceso de conocer colectivo de manera dialógica se amplía en el siguiente párrafo.

### **3.2.2. El carácter dialógico de la construcción del conocimiento**

Para el desarrollo de este párrafo se toman como base algunas perspectivas sobre la sociología de las ciencias o lo que podría denominarse la mirada de la historia y la epistemología de la ciencia con un enfoque de tipo social, construidas por autores como: Fleck (1986), Shapin (1991), Latour & Woolgar (1995), entre otros.

Siguiendo a Fleck (1986) el carácter dialógico de la construcción social del conocimiento requiere de modos de conocer pero, éste no es un proceso individual sino una actividad eminentemente social. Para comprender conceptualmente la cualidad de conocer, este autor acuña los conceptos de colectivo de pensamiento y estilo de pensamiento. El primero se refiere a la unidad social de la comunidad que comparte un campo determinado y el segundo, lo explica como “un percibir dirigido con la correspondiente elaboración intelectual y objetiva de lo percibido” (p. 145).

En este sentido, el conocer se constituye en una actividad condicionada por el círculo social al que pertenece el sujeto en el cual se llevan a cabo diversas interacciones (debates, construcción de explicaciones, validación de ideas, entre otras.) de carácter dialógico que posibilitan la producción de conocimiento, siendo “el conocimiento...la creación social por excelencia” (Fleck 1986, p. 89).

---

<sup>9</sup> En términos de Guidoni & Arcá (1987, p. 38) “en el cual se da forma contemporánea y dinámicamente, a los propios modos “internos” de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos “externos” según los cuales el acontecer del mundo puede ser reconocido”.



Es importante destacar que, por sí sólo, el pertenecer a un colectivo de pensamiento no garantiza que el sujeto construya conocimiento. Para que este proceso se lleve a cabo es fundamental la participación activa por parte del individuo, se conoce en la medida que se actúa, que se construye y explica un fenómeno o situación. Fleck (1986) plantea: “la introducción en un campo del conocimiento es una especie de iniciación que confieren otros, pero es la experiencia, que sólo es adquirible personalmente, la que de hecho capacita para el conocer activo... El inexperto sólo aprende, no conoce” (p. 142). Es así como el sujeto es capaz de construir conocimiento solo en la interacción dialógica con sus pares (véase Foto 8), y ésta se potencializa en lo que en apartados anteriores se ha denominado ampliación de la experiencia.



Foto 8: Trabajo por equipos Actividad 1: Flota o se hunde.

En este sentido, dado el carácter social del conocimiento científico, se hace necesaria la validación de sus procesos y productos por parte de la sociedad. En términos de Kuhn (1969), el proceso de construcción y validación de una teoría no es una actividad solitaria, sino que involucra la constitución y participación de una comunidad. Es así como se construye y legitima un hecho científico, considerado como una categoría epistemológica y sociológica que favorece los procesos de comunicación, en el ejercicio del lenguaje (Shapin, 1991). Este último autor menciona algunas estrategias (tecnologías) de construcción social que a su juicio utilizaba Boyle para producir y validar sus hechos experimentales, y que eran utilizadas para hacer comunicables los hechos construidos. Entre tales tecnologías sociales se encuentran: una tecnología material, referente al diseño y

montaje experimental, cuyo objetivo es la producción de nuevos hechos (relaciones entre efectos); una tecnología social, vinculada a un medio de objetivación colectivo de la producción de conocimientos que buscaba la reproductibilidad de los hechos para asegurar que sean considerados públicos (no necesariamente por científicos reconocidos) y una tecnología literaria, cuya función era crear una comunidad con formas y convenciones de relaciones sociales internas que certifique y valide las experiencias realizadas.

Pero en el trabajo de las ciencias no todo es consenso, también se presentan controversias o querellas las cuales pueden ser usadas favorablemente. Al respecto, Shapin (1991) plantea que Boyle respondía a sus detractores pero que antes de hacerlo propuso una serie de reglas en las que definía la manera como debían asumirse las controversias; entre estas reglas se destaca que:

Las querellas debían ocuparse de los resultados y no de las personas.... La gente susceptible de producir hechos, incluso si se equivocaba, debía ser tratada como posibles conversos a la filosofía experimental. Tratados duramente, eran perdidos para la causa y la comunidad en la que la talla y el consenso validaban los hechos. (p. 19)

Lo anterior muestra, en el trabajo experimental de Boyle, un carácter dialógico donde no sólo se reconoce y valora el consenso sino también el disenso en la construcción de conocimiento.

En línea con lo anterior, Latour y Woolgar (1995) describen el trabajo de una comunidad científica adscrita a un laboratorio donde los científicos no descubren los hechos, los construyen en colectivo a partir de la justificación de enunciados, cobrando gran importancia los procesos de codificación, corrección, comunicación y discusión entre los miembros que conforman la comunidad científica, con el fin de convencerse y convencer a otros de aceptar los hechos construidos. Tal como lo plantea Romero & Aguilar (2013), en estos procesos de exposición de los conocimientos, el experimento oficia como una estrategia para movilizar consensos donde la autenticidad de los conocimientos producidos se deriva de las convenciones establecidas por el colectivo (representaciones simbólicas) y no de la contundencia de los hechos mismos. En este sentido, el experimento se constituye en un espacio de construcción y validación de conocimiento mediado por interacciones dialógicas.

De manera adicional, como se mencionó arriba estos autores proponen la noción de instrumento de inscripción, en el sentido que posibilita no solamente la construcción del hecho sino que propicia interpretaciones, explicaciones, informaciones que pueden ser debatidas, argumentadas y contra-argumentadas. A sí mismo, favorece la transformación de datos a través de las conversaciones (los discursos) y los procesos por los que los científicos dan significado a sus observaciones con el propósito de producir conocimiento.

La dinámica social también tiene una importante influencia, aunque a una “escala menor”, en la formación del sujeto ¿cómo aprende el individuo en la interacción con sus

pares? Es así como algunas investigaciones en el ámbito escolar (Guidoni & Arcá, 1987; García, 2011; Romero & Aguilar, 2013; Leitão, 2012; Jiménez & Díaz, 2003) proporcionan aportes sobre la necesidad de construir socialmente hechos en el aula. En los procesos de construcción de conocimiento de las ciencias son fundamentales los modos de conocer (como se mencionó al inicio de este apartado), en términos de Guidoni & Arcá (1987) *modos de ver*. Las experiencias vividas por el sujeto condicionan la forma y manera del nuevo conocimiento. Este conocer previo o base experiencial, posibilita ampliar, reconstruir y da sentido nuevo a lo conocido.

Adicionalmente, Arcá, Guidoni & Mazzoli (1990), hacen un llamado a incorporar en la enseñanza de las ciencias una “cultura científica de base”, que permita en los estudiantes el desarrollo cognoscitivo y asumir un sentido crítico y ético en cuestiones de ciencia y su relación con la sociedad. En particular, este grupo de investigadores presenta las bases teóricas de una propuesta didáctica de enseñanza de las ciencias fundamentada en las fructíferas relaciones entre la triada Experiencia-Lenguaje-Conocimiento. A través de esta triada se advierte que si bien los sujetos se relacionan con la realidad por medio de la experiencia, la forma de presentar las imágenes derivadas de ella, es a través del lenguaje, y que de la construcción de dichas representaciones, la interacción y la comunicación con otros, se construye conocimiento.

Según los autores, esta triada no representa un conocimiento jerárquico o unidireccional sino una relación cíclica y problémica que, a través de estrategias de observación, reconocimiento y favorecer modos compartidos de interactuar con la realidad, permite tanto a profesores como estudiantes relacionarse con el mundo que los rodea y establecer redes de categorías para tal fin. Hay un lenguaje diferente que se expresa en la actividad experimental y del cual surgen pensamientos e ideas que posteriormente se articulan conceptualmente (García, 2011). El proceso de argumentación siempre es dialógico, no basta con que un sujeto enuncie y otra persona le contra-argumente, tiene por lo menos tres pasos: un enunciado, una contra-argumentación y una respuesta a esa contra-argumentación (Leitão, 2012). Se entiende por argumentación, basados en Jiménez & Díaz (2003), la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes. Estas autoras reflexionan sobre: ¿es posible conocer el razonamiento argumentativo de los estudiantes, los procesos que tienen lugar en su mente?, “no hay forma de conocer exactamente lo que ocurre en el interior de la mente, pero una de las formas en que podemos aproximarnos es prestando atención a las discusiones [debates] entre estudiantes sobre cuestiones de ciencias” (p. 361).

Teniendo como base los referentes anteriores en esta investigación se asume que la enseñanza de la ciencia en el aula, a nivel básico y medio, es ante todo una construcción social de conocimiento; así se puede resaltar que no es un asunto centrado en los productos. La actividad experimental con un enfoque dialógico posibilita una mayor ampliación de la



experiencia por parte de los sujetos; los hechos se construyen en colectivo y los fenómenos no son transmitidos, tienen que construirse socialmente.

Estos planteamientos fundamentan conceptualmente este Trabajo de Investigación, pero esta investigación también es propositiva en el sentido en que se presenta una propuesta de enseñanza (véase anexo 2) en donde se resalta una enseñanza con un enfoque social y cultural; es decir, no solamente hay construcción social en la historia de las ciencias, la que hacen los científicos, también debe haber construcción social en el aula.

¿Cómo se puede hacer una propuesta de construcción social en el aula<sup>10</sup>? Para lograrlo, un asunto clave es el diálogo. Así, se hace necesaria la construcción de situaciones que promuevan el debate: un participante propone, el otro interpela pero de nuevo se reconstruye y se producen nuevas versiones; se favorece un proceso de argumentación contra-argumentación. Por ejemplo, en la actividad 1 “flota o se hunde” de la propuesta didáctica, una vez que los participantes han identificado los cuerpos o sustancias que flotan, se hunden o probablemente queden suspendidos en agua, se les puede preguntar, entre otros interrogantes, ¿De qué características, propiedades o condiciones de los cuerpos depende el hecho que ellos se hundan o floten en cierta cantidad de agua?, y que expliquen sus conjeturas. Las respuestas al cuestionamiento pueden ser múltiples: dependen del tamaño, la forma, el peso, entre muchas otras. Es precisamente en ese abanico de posibilidades que se promueve el diálogo en contexto, los participantes se ven abocados a la necesidad de convencerse y convencer a los otros de que son ellos quienes tienen la razón promoviéndose el debate donde al final se deben producir los consensos, se construye conocimiento.

Además, el carácter dialógico es dinámico, no sólo por la interacción sino porque situaciones que eran polémicas en un principio pueden transformarse en base experiencial para organizar nuevas situaciones respecto al fenómeno en cuestión; es decir, llegan a un momento en que se consolidan (consensuan) y se utilizan como punto de partida para otras situaciones más complejas. Por ejemplo, inicialmente era problemático y había mucha polémica por si ciertos materiales se hundían o no en agua; (¿toda clase de madera flota en agua?<sup>11</sup>) después de superada esa situación no se vuelve a preguntar sobre el asunto sino que se utiliza ese conocimiento consolidado, a través de la experiencia, como conclusión y punto de partida o base experiencial para otras situaciones como: el diseño, construcción y calibración de un instrumento de medida a partir del acople entre la parte emergida de un sólido cuando este es arrojado en un medio y el peso específico (o densidad) de dicho medio (véase ilustración 2); la determinación de criterios de pureza de sustancias propias de

---

<sup>10</sup> La propuesta didáctica construida para esta investigación presenta múltiples ejemplos de situaciones que hacen énfasis en la construcción social de conocimiento.

<sup>11</sup> Véase la actividad 1: flota o se hunde para ampliar el contexto respecto a interrogantes y actividades que permiten mostrar la necesidad del diálogo y lo dinámico del carácter dialógico. Anexo 2.



la región (el contexto donde se desenvuelven los estudiantes) haciendo uso del instrumento construido para tal fin (véase en el Anexo 2 la actividad 5).



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## 4. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Enfoque y tipo de estudio

De conformidad con los objetivos, la investigación se enmarca bajo un paradigma cualitativo con enfoque interpretativo, en el cual se resalta un modo particularmente adecuado de acercarse a una “realidad” del contexto educativo del aula de clase para interpretar, comprender y valorar procesos de construcción de conocimiento (Latorre, Rincón & Arnal, 1996). Como una característica propia de este paradigma, y siguiendo a Sandín (2003), se considera que la investigación es flexible y no lineal. Así, el diseño puede ir sufriendo modificaciones de acuerdo con las situaciones presentadas a medida que se avanza en el desarrollo metodológico y el uso de estrategias adecuadas para la búsqueda de reflexiones sobre el problema de investigación objeto de estudio.

Para esta investigación, siguiendo a Stake (2010), no se muestra interés por los estudios de casos cuantitativos caracterizados por un conjunto de mediciones y variables descriptivas del caso, ni por los estudios de casos utilizados en las escuelas de comercio y derecho cuyos propósitos son instructivos. Este autor plantea que el caso puede ser un grupo de estudiantes que estudian un fenómeno particular, pero, ¿cuál es el estudio de casos más adecuado para esta investigación?

Para responder al cuestionamiento anterior, se hace necesario enunciar algunos tipos o clases de estudios de casos definidos y ejemplificados por Stake (2010):

*Estudio intrínseco de casos:* se presenta cuando: “A veces el caso nos viene dado, incluso nos vemos obligados a tomarlo como objeto de estudio [...]. No nos interesa porque con su estudio aprendamos sobre [...] algún problema general, sino porque necesitamos aprender sobre ese caso particular” (p. 16). En este sentido, el interés se centra en el caso y no en éste como instrumento para la comprensión y construcción de un fenómeno.

*Estudio instrumental de casos:* se presenta cuando: “nos encontramos con una cuestión que se debe investigar, [...], una necesidad de comprensión general, y consideramos que podemos entender la cuestión mediante el estudio de un caso particular” (p. 16). En este sentido, el interés no se centra en el caso, éste se utiliza como instrumento para la comprensión y construcción del fenómeno.

Stake (2010) plantea que la distinción entre uno u otro estudio de casos radica en los métodos a utilizar y en la libertad que tiene el investigador para ampliar su curiosidad y sus intereses especiales.

Por lo anterior, la investigación se realizó a través del estudio de caso instrumental como estrategia metodológica de investigación cualitativa (Stake, 2010), que posibilita examinar el proceso de construcción social de conocimiento científico en el aula, a través del análisis de los enunciados de un grupo de discusión (participantes), cuando son

motivados a la realización de actividades experimentales, que resalten el carácter discursivo y dialógico de la producción social de conocimiento científico. No se pretende llegar a una generalización sobre el tema sino realizar una indagación en profundidad, a través del estudio de la particularidad y complejidad de un caso singular, para llegar a comprenderlo en circunstancias determinadas y realizar con claridad interpretaciones que estén fundamentadas (Stake, 2010).

Para ello, se realizó un análisis e interpretación de los enunciados producidos cuando los participantes interactúan de manera dialógica, construyen fenomenologías, formalizan sus ideas, amplían su base experiencial y hacen uso de diferentes representaciones para la organización del fenómeno.

Se tomó como caso a un grupo de estudiantes voluntarios, quienes fueron los aportantes de los mayores elementos de reflexión y análisis, a partir de la orientación de actividades experimentales, en un contexto extraescolar.

Consecuentemente, el propósito general de la investigación de este estudio de caso instrumental fue contribuir al proceso de construcción social de conocimiento científico en el aula, por parte de un grupo de estudiantes de nivel básico de enseñanza, cuando son motivados a la realización de actividades experimentales en torno al fenómeno de la flotación y su relación con los conceptos de peso específico y densidad. Para ello, se construyó una fundamentación teórica y una propuesta didáctica cuyas actividades experimentales se centraron en los debates presentados a través de la realización y construcción de fenomenologías sobre la flotabilidad y su relación con los conceptos de peso específico y densidad.

La información producida por los participantes durante el desarrollo de las actividades experimentales contenidas en la propuesta didáctica fue registrada en audio y texto. Posteriormente los audios fueron transcritos convirtiéndose en un insumo fundamental para el análisis cualitativo de contenido. Estos aspectos se ampliarán más adelante.

#### **4.2. Caso y contexto**

El caso estuvo conformado por un grupo de discusión integrado por 12 estudiantes, ocho del grado octavo y cuatro del grado noveno, cuatro hombres y ocho mujeres, en la Institución Educativa Rural Piedras Blancas (Guarne, Antioquia), con quienes se trabajó en jornada contraria. Este grupo se conformó como resultado de la sensibilización hecha en las clases de ciencias naturales durante el semestre académico 2014-2 y los primeros meses del 2015-1 para participar de manera voluntaria en esta investigación; los participantes se constituyeron en la base para la creación de semilleros de investigación institucional en el estudio de las ciencias naturales, aspecto con el que se espera contribuir a la consolidación de una cultura científica a nivel institucional.

Gracias a la sensibilización realizada en la clase de ciencias naturales, se presentó un gran número de inscritos, pero por cuestiones de la naturaleza de la investigación fue necesario realizar una etapa de selección para reducir el número de estudiantes. En este proceso se tuvo en cuenta: el grado de responsabilidad, el apoyo de los acudientes, el interés mostrado por la propuesta de investigación y la disponibilidad para el trabajo en jornada contraria. Los elegidos fueron aquellos que cumplieron con los requisitos y mostraron mayor interés y disposición para participar en la investigación.

Es importante destacar que siete de los doce estudiantes participantes en la investigación, se caracterizaban por mostrar bajos desempeños académicos, poco interés en el área de ciencias naturales y poca disposición para formar parte de actividades que demandaran tiempo extracurricular.

### **4.3. Propuesta didáctica y registro de la información**

Para el proceso de intervención en el aula, se construyó una propuesta didáctica con actividades experimentales que posibilitaran un espacio de interacción dialógica entre los participantes para la construcción social de conocimiento.

En el diseño y construcción de las actividades de la propuesta, se hizo necesario la lectura y análisis de textos de primera fuente relacionados con el fenómeno de la flotabilidad, procesos de medición y propiedades como la densidad y el peso específico; tales como: “Teoría Física” de Pierre Duhem (2003), “Medición” de Norman Campbell (1994), “Sobre los cuerpos flotantes” de Arquímedes, y “Diálogos acerca de dos nuevas ciencias” de Galileo Galilei (1638). Los análisis de estas lecturas hacen parte de las discusiones y encuentros realizados dentro del grupo de investigación ECCE.

Lo anterior permitió construir actividades en las que los participantes pudiesen establecer nexos entre el fenómeno de flotación y propiedades como el peso específico y la densidad. Adicionalmente, establecer acoples entre variables extensivas (peso y volumen) para la identificación y formalización de unas variables intensivas, el peso específico y la densidad. Así, se posibilitó la construcción de clases y estructuras de orden, la ampliación de la experiencia, y la construcción de un instrumento de medida como síntesis de la organización del fenómeno (véase anexo 2).

La estructura didáctica que se planteó como abordaje en esta propuesta, consiste en que las actividades simultáneamente se relacionan con una parte disciplinar ligada al fenómeno de flotación, la ampliación de la experiencia, y que tengan un fuerte componente de construcción social y dialógica de conocimiento científico (véase Tabla 2).



| DIMENSIONES                                                     | Actividad 1:<br>Flota o se hunde.                                                                                                                                               | Actividad 2:<br>La caída de los cuerpos en diferentes medios. Fenómenos inspirados en las experiencias de Galileo.                                                                                                                      | Actividad 3:<br>Establecimiento de comparaciones a partir de la identificación de un sólido como referente.                                                                                                                                                                                    | Actividad 4:<br>Diseño, construcción y calibración de un instrumento de medida: el areómetro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Actividad 5:<br>Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida.   |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Construcción del fenómeno de la flotación                       | Identificación de regularidades para la construcción de explicaciones en torno al fenómeno.                                                                                     | Construcción de la noción de peso específico.                                                                                                                                                                                           | Construir generalizaciones a partir de la identificación de regularidades.                                                                                                                                                                                                                     | Determinación de la propiedad que se puede comparar con el instrumento de medida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Construcción de criterios de pureza para la leche producida en la región.                                                                        |
| La experimentación, ampliación de la experiencia.               | Construcción e interpretación de representaciones.                                                                                                                              | ¿Cómo construir un cuerpo que se mantenga suspendido en medio del agua? ¿Cómo hacer para que un huevo, sin modificarlo, flote en agua?                                                                                                  | Describir la flotación entre sólido-líquido y líquido-líquido.                                                                                                                                                                                                                                 | Calibración del instrumento de medida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Toman aspectos de la organización de la experiencia para resolver situaciones propias del contexto.                                              |
| Construcción social y dialógica del conocimiento.               | Construcción colectiva de situaciones en las que se evidencien que un cuerpo flota o se hunde.                                                                                  | Establecer una interacción entre los planteamientos de los personajes del texto y el de los participantes para continuar con la organización de la fenomenología.                                                                       | Los participantes interactúan a través de discusiones para construir explicaciones sobre la fenomenología.                                                                                                                                                                                     | Determinación de criterios para calibrar el instrumento de medida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Énfasis en buscar la manera de validar sus ideas.                                                                                                |
| Situaciones pedagógicas asociadas con los procesos de medición. | Identificación de clases.                                                                                                                                                       | Construcción de la noción de quedar suspendido como una tercera clasificación. Construcción de dos o tres situaciones diferentes en las que un cuerpo no flote ni se hunda en agua sino que quede                                       | ¿La parte del sólido que se hunde o emerge en cada uno de los líquidos puede servir para hablar del medio en el cual flota? ¿Qué información puede                                                                                                                                             | Diseño, construcción y calibración de un instrumento de medida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Uso del instrumento de medida para determinar los criterios de pureza de sustancias propias de la región.                                        |
|                                                                 |                                                                                                                                                                                 | suspendido en ella ¿Cómo proceder?                                                                                                                                                                                                      | brindar?<br>Construcción de ordenaciones.<br>Se posibilita la construcción de un instrumento de medida de la propiedad asociada a la flotación.                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |
| Reflexiones epistemológicas.                                    |                                                                                                                                                                                 | Análisis de los fragmentos de la lectura para construir explicaciones y experiencias sobre el fenómeno objeto de estudio.                                                                                                               | Conectan las situaciones nuevas con las reflexiones construidas en el texto de primera fuente.                                                                                                                                                                                                 | Conectan las situaciones nuevas con las reflexiones construidas en el texto de primera fuente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Conectan las situaciones nuevas con las reflexiones construidas en el texto de primera fuente.                                                   |
| Propósito de la actividad.                                      | Construir una base experiencial que permita la identificación de regularidades y la construcción del fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico. | Propiciar un espacio de reflexión a partir de un texto de primera fuente cuya temática tiene relación con la flotabilidad de los cuerpos, que conlleve a la construcción de experimentos y a enriquecer explicaciones en torno al tema. | Identificar algunas regularidades en asuntos de la flotabilidad de sólidos en diferentes líquidos, que permita describir algunos aspectos de la experiencia para posteriormente construir generalizaciones sobre el fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico. | Identificar algunas regularidades en asuntos de la flotabilidad entre un sólido de referencia y varios líquidos, que permita describir algunos aspectos de la experiencia para posteriormente construir generalizaciones. Adicionalmente, se busca proponer el diseño, construcción y calibración de un instrumento de medida que contribuya a la organización y concreción del fenómeno en construcción. | Proponer criterios que permitan establecer la pureza de ciertas sustancias que se producen en la Vereda Piedras Blancas del Municipio de Guarne. |

Tabla 2: Fundamentación didáctica de la propuesta de intervención de aula. Creación propia.

La implementación de la propuesta constó de diez sesiones, en las cuales se desarrollaron cinco actividades experimentales y cinco plenarias. Estas últimas con el fin generar espacios para el debate, la reflexión y la concertación de ideas en torno a la organización del fenómeno a partir de los resultados obtenidos en el desarrollo de las experiencias. Es de anotar que por la estructura de la propuesta, los aspectos destacados en las plenarias también estuvieron presentes durante el desarrollo de los experimentos. Igualmente, en las socializaciones hubo la necesidad de volver a realizar la experiencia, en varias ocasiones, para poder llegar a consensos.

En el diseño del plan de trabajo con estudiantes para la recolección de la información se tuvieron en cuenta diferentes actividades, clasificadas de la siguiente manera:

*Actividades experimentales (guías de trabajo):* diseñadas para crear un escenario donde a partir de la interacción dialógica entre los participantes se construyera conocimiento, a través de procesos o situaciones como: el debate, la ampliación de su base experiencial, la observación como una adecuación entre lo que se piensa y la experiencia sensible, y el uso y adecuación de representaciones para identificar y comunicar una idea o posible hallazgo. Lo anterior, permitió la identificación de propiedades para la construcción de un instrumento de medida que posibilitó la concreción del fenómeno objeto de estudio.

*Actividades semipresenciales:* construidas para permitir que los participantes amplíen la experiencia por fuera del grupo de discusión e incorporen a sus familias en el desarrollo de las actividades, para posteriormente poner en consideración sus conclusiones con el grupo de discusión. Lo anterior permitió incorporar nuevos elementos de reflexión para el desarrollo de las actividades presenciales.

*Plenarias asociadas a un grupo de discusión:* creadas como un espacio para la puesta en común a través del debate de las ideas desarrolladas en la realización de las actividades experimentales. Cabe destacar que en varias ocasiones hubo la necesidad de desarrollar actividades experimentales como estrategia para el establecimiento de consensos sobre el fenómeno en construcción. Adicionalmente, esta estrategia de socialización posibilitó en los participantes concebir el conocimiento como una creación social por excelencia (Fleck, 1986).

*Entrevista semiestructurada:* se utilizó como estrategia para recolectar información, donde a través del diálogo se profundiza en ciertos aspectos o situaciones que se consideran relevantes para la investigación.

En la organización de las actividades se diseñó un plan de trabajo para ser desarrollado con los participantes como se muestra en la Ilustración 3. Las sesiones de trabajo fueron construidas atendiendo a planteamientos desarrollados en la fundamentación teórica y sus contenidos están relacionados con las categorías de análisis de la investigación. Para el proceso de organización y clasificación de la información, se hicieron registros de los enunciados por medio de grabaciones de audio y registros escritos de los planteamientos y procedimientos realizados por los participantes.

Es preciso anotar que las actividades de la propuesta no fueron desarrolladas en estricto orden, en varias ocasiones fue necesario aplazar ciertos literales. Lo anterior, no causó dificultad debido a la manera como se estructuró la propuesta al incluir en todos los talleres aspectos referentes a todas las categorías de la investigación. Así mismo, los participantes consideraron necesario repetir ciertos procedimientos por no haber claridad en la información que habían registrado.

Previo al inicio de la implementación de la propuesta didáctica, el investigador realizó una reunión (véase Foto 9) con los acudientes de los estudiantes seleccionados para participar en la investigación y el rector de la IER Piedras Blancas, con el propósito de

presentarles las bondades de la investigación, y las responsabilidades de los estudiantes y acudientes al aceptar su participación. Una vez despejadas las inquietudes se procedió a la firma del protocolo ético de investigación (véase Anexo 1), puesto que los participantes son menores de edad.

Por parte del investigador se asumió el compromiso de rendir informes de los productos derivados de la investigación, tales como: Participación en eventos, producción de artículos y la redacción del Informe Final de la Investigación. Lo anterior, con el propósito de realizar lo que Stake (2010) denomina revisión de interesados<sup>12</sup>.



---

<sup>12</sup> Este aspecto se amplía más adelante en el diseño metodológico de la investigación.

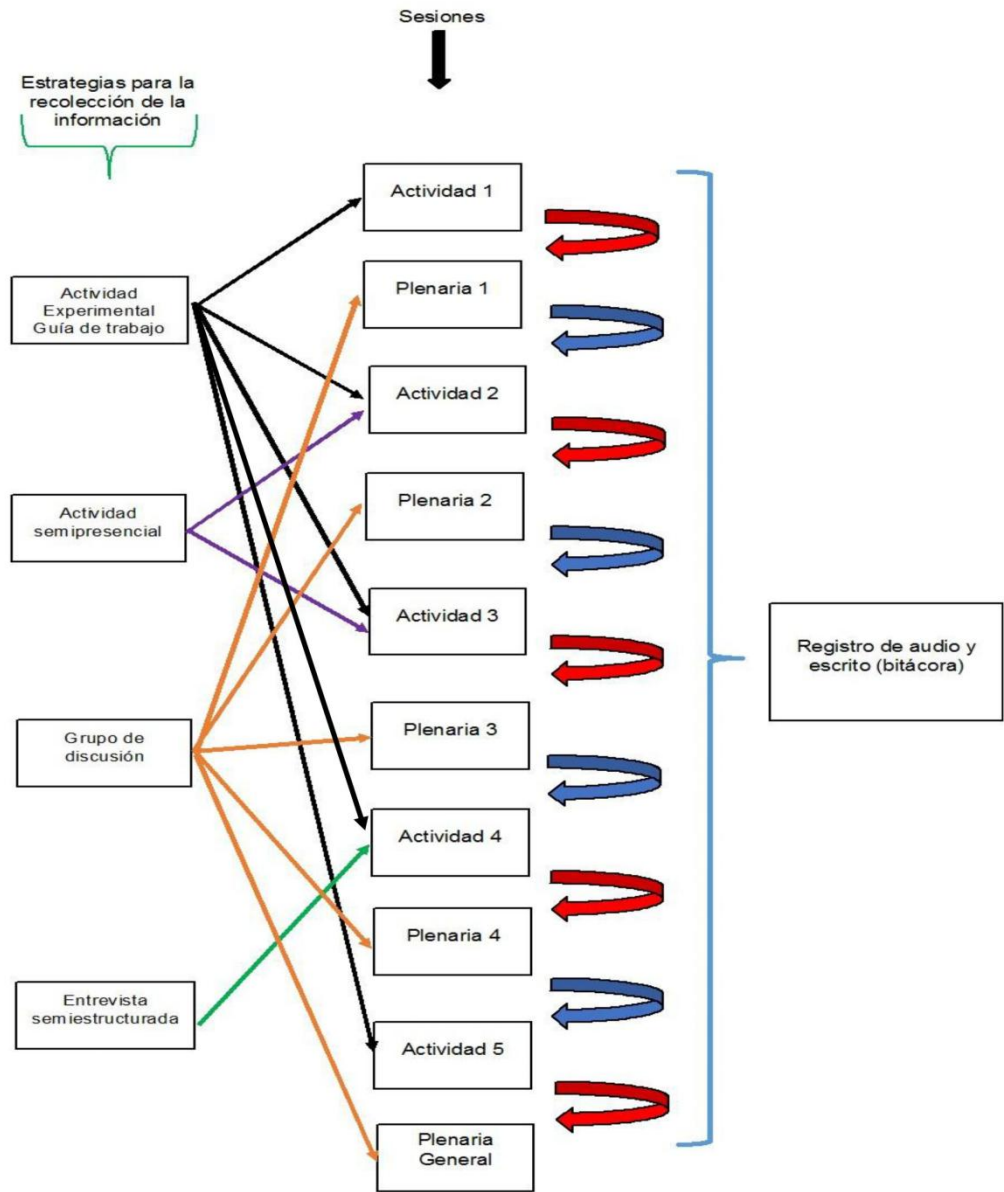


Ilustración 3: Plan de trabajo con estudiantes para la recolección de la información. Creación propia.

En la propuesta se tuvo en cuenta generar las condiciones adecuadas para la construcción social del conocimiento y los procesos de medición desde una perspectiva cualitativa, lo cual no excluyó el uso de reflexiones cuantitativas. En este sentido, las actividades estuvieron orientadas a evidenciar, entre otros aspectos de la organización del fenómeno, interacciones dialógicas, identificación de regularidades y ampliación de la base experiencial.



Para el análisis e interpretación de la información se construyó una red de categorías y subcategorías, con sus correspondientes indicios para facilitar la identificación de los enunciados que hicieran referencia a cada categoría de análisis. Estos aspectos se amplían más adelante.

#### 4.4. Plan de análisis

En términos de Stake (2010), el análisis consiste en dar sentido a las impresiones que el investigador obtiene de los registros producidos durante la implementación de campo, así como a los resúmenes finales que contienen las partes que son importantes para la investigación. Este autor plantea que la búsqueda de significados conduce al investigador al establecimiento de correspondencias a través de la construcción de modelos y de consistencias en determinadas condiciones. Teniendo presente que desde la perspectiva del estudio de caso instrumental, lo que se trata de comprender es un fenómeno, y el caso se constituye en el instrumento para su comprensión, se analizan los registros pensando en la correspondencia.



Foto 9: Reunión para la firma del protocolo ético en las instalaciones de la IER Piedras Blancas.

En el caso de esta investigación, el modelo asumido surge de la concepción de Actividad Experimental que se construyó en el grupo de investigación ECCE. Así pues, la

información se revisó, categorizó y organizó de tal forma que guardara una correspondencia con los rasgos definidos acerca de los roles y actitudes que se asumen en el desarrollo de una actividad experimental, así como con los indicios creados para identificar información relacionada con las subcategorías de análisis.

La sistematización de la información se realizó por medio de audios y registros de textos en las bitácoras de los participantes, y de las transcripciones de los registros de audio producto de una entrevista y de las intervenciones de los participantes durante el desarrollo de las actividades experimentales contenidas en la propuesta didáctica de aula. Posteriormente, basados en los indicios<sup>13</sup> construidos para la identificación de información relevante sobre las categorías de análisis, a medida que se realizaba cada transcripción se iban seleccionando fragmentos o unidades de análisis que sirvieron de insumo para la construcción de los datos de la investigación. También, fue necesaria la construcción de una tabla de convenciones con los aspectos que se querían resaltar acordes con las categorías de análisis (véase Tabla 3). Cabe mencionar que no fue posible la transcripción de los audios en su totalidad, porque en algunas ocasiones el audio no era audible y no se podía identificar lo que estaban mencionando los participantes.

|      |                                                                           |
|------|---------------------------------------------------------------------------|
| [1]  | Construcción de clasificaciones y ordenaciones.                           |
| [2]  | Identificación de materiales.                                             |
| [3]  | Construcción de explicaciones y uso de representaciones.                  |
| [4]  | Reflexión sobre el instrumento de medida como concreción del fenómeno.    |
| [5]  | Determinación de criterios para la calibración del instrumento de medida. |
| [6]  | Interacción dialógica.                                                    |
| [7]  | Formalización de regularidades.                                           |
| [8]  | Referencia a eventos cotidianos para organizar el fenómeno.               |
| [9]  | Construcción de equivalentes.                                             |
| [10] | Construcción de la noción de peso específico.                             |

Tabla 3: Convenciones para los enunciados.

Los colores que aparecen en la anterior tabla de convenciones, junto con los indicios facilitaron la identificación de los enunciados para el análisis de las categorías. A continuación se presenta un ejemplo de dicho proceso de análisis en la Tabla 4.

<sup>13</sup> Los indicios se relacionan en el apartado subtítulo: sobre las categorías de análisis, que se encuentra más adelante.

En el siguiente fragmento los estudiantes discuten sobre la pureza de tres tipos de leche:

Susana: *las que tienen mayor peso específico son estas dos, la Auralac y Colanta, está en el medio la leche pura, la leche recién ordeñada y arriba el agua, [1] entonces estas tienen mayor peso específico porque no tienen grasa, entonces acá la leche... bueno, estas dos tienen mayor peso específico porque ya están tratadas y al estar tratadas ya no tienen grasa.*

Angie: *pues tanta.*

Susana: *bueno sí, y la recién ordeñada todavía tiene los contenidos de la grasa, entonces como la grasa tiene menor peso específico, entonces el peso es menor.*[3]

Profesor: *¿qué quieres decir?*

Susana: *que tiene mayor peso específico las de las empresas porque tienen menos grasa y la otra tiene menor peso específico porque tiene más grasa.*[7]

Profesor: *¿qué pasa en el caso de la leche con agua?*

Susana: *está en el medio de las dos.*[1]

Manuella: *porque no puede ser más liviana que el agua porque tiene leche y no puede ser más pesada que la leche porque tiene agua, entonces quedaría como en ese espacio [entre la leche y el agua].*[7]

Profesor: *¿están de acuerdo? Todos: sí.* (T. 05/06/2015; pág. 59 y 60. Act. 5 + Plenaria 5.).

Tabla 4: Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 59 y 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida.

Una vez identificadas las intervenciones que tenían relación con las categorías de análisis, fueron compiladas en una tabla de enunciados para la construcción de los datos. Esta organización posibilitó una nueva selección en la búsqueda de significados que tuvieran correspondencia con las preguntas y objetivos de la investigación, así mismo, con los indicios de las subcategorías de análisis (véase ejemplo Tabla 5).



En el siguiente fragmento los estudiantes discuten sobre la pureza de tres tipos de leche:

Susana: *las que tienen mayor peso específico son estas dos, la Auralac y Colanta, está en el medio la leche pura, la leche recién ordeñada y arriba el agua, entonces estas tienen mayor peso específico porque no tienen grasa, entonces acá la leche... bueno, estas dos tienen mayor peso específico porque ya están tratadas y al estar tratadas ya no tienen grasa.*

Angie: *pues tanta.*

Susana: *bueno sí, y la recién ordeñada todavía tiene los contenidos de la grasa, entonces como la grasa tiene menor peso específico, entonces el peso es menor.*

Profesor: *¿qué quieres decir?*

Susana: *que tiene mayor peso específico las de las empresas porque tienen menos grasa y la otra tiene menor peso específico porque tiene más grasa.*

Profesor: *¿qué pasa en el caso de la leche con agua?*

Susana: *está en el medio de las dos.*

Manuella: *porque no puede ser más liviana que el agua porque tiene leche y no puede ser más pesada que la leche porque tiene agua, entonces quedaría como en ese espacio [entre la leche y el agua].*

Profesor: *¿están de acuerdo? Todos: sí.*

Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 59 y 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida.

Susana: *¿en qué orden quedan las sustancias?, entonces quedan, de mayor a menor peso específico: de primero queda el agua salada, segundo agua azucarada, tercero agua eh después aunque no queda representado en la columna pero queda de cuarto el aceite y el alcohol tampoco queda representado pero queda de último.*

Evelyn: *si queda.*

Susana: *¿cómo?*

Manuella: *sí queda pero no se ve.*

Susana: *pero no quedan representados en la columna.*



|                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Evelyn: <i>pero hay una flecha que indica que eso continúa.</i></p> <p>Susana: <i>aja.</i></p> <p>Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 47. Actividad 4 + Plenaria 4: Diseño y construcción del instrumento de medida.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Tabla 5: Ejemplo de tabla de enunciados para la construcción de los datos de la investigación.

Lo anteriormente descrito, permitió realizar un análisis de contenido en términos de Piñuel (2002), como un conjunto de procedimientos interpretativos de los productos comunicativos, para el caso de esta investigación los enunciados y textos derivados de las transcripciones de las interacciones dialógicas de los participantes al ser motivados para la realización de actividades experimentales. A partir de estos procedimientos y a la luz de las categorías de análisis y la fundamentación teórica se construyeron los datos de la investigación.

Siguiendo a Piñuel (2002) la denominación de análisis de “contenido” lleva a entender que el contenido está dentro del producto comunicativo y que a partir de un proceso de análisis se puede identificar su significado o sentido, de forma que nuevas interpretaciones que tengan en cuenta los datos del análisis, conducen a un nuevo conocimiento. Este significado debe tener correspondencia con la fundamentación teórica, las preguntas de investigación, los objetivos y las categorías y subcategorías de análisis puesto que fueron la base que orientó y direccionó la construcción de los instrumentos recopiladores de la información en esta investigación (Cisterna, 2005).

#### **4.5. Sobre las categorías de análisis**

Basados en la fundamentación teórica y en los objetivos construidos para esta investigación, se optó por formular una red de categorías y subcategorías relacionadas con los procesos de medición y la construcción social del conocimiento (véase Tabla 6). Estas subcategorías no son excluyentes, pues en ciertos momentos se pueden cruzar o complementar.

La propuesta didáctica se planteó en relación con las categorías de análisis, de ahí que en el desarrollo de la mayoría de las actividades durante toda la intervención se encontraron indicios y correlaciones entre dichas categorías, facilitándose el proceso de organización de la información. A continuación, se describen sintéticamente las categorías y subcategorías construidas con base en el desarrollo de la fundamentación teórica.



| CATEGORIA                 | SUBCATEGORIA                                                    | INDICIOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Los procesos de medición. | Clasificación y ordenación como base del proceso de medida.     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes proponen pautas para identificar características y propiedades que les permitan construir clasificaciones y ordenaciones.</li> <li>Los estudiantes realizan clasificaciones y ordenaciones.</li> <li>Los estudiantes diferencian materiales atribuyendo características a los cuerpos.</li> </ul>                                                                                                                                                  |
|                           | Mediación como adecuación entre experiencia y teoría.           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Representan y analizan magnitudes en tablas y en el plano cartesiano.</li> <li>Analizan un plano cartesiano y extraen información para la identificación de regularidades acerca del fenómeno.</li> <li>Adecuan la explicación al fenómeno que se quiere organizar haciendo uso de varias representaciones.</li> <li>Establecen relación entre una explicación verbal y su correspondiente representación gráfica para dar cuenta de sus observaciones.</li> </ul> |
|                           | El instrumento como concreción de la organización del fenómeno. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Conciben el instrumento como una síntesis de la organización del fenómeno.</li> <li>Definen criterios para calibrar el instrumento de medida.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Tabla 6: Red de categorías, subcategorías e indicios.

|                                       |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Construcción social del conocimiento. | Formalización del fenómeno de la flotación.                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Evocan situaciones cotidianas para organizar el fenómeno.</li> <li>Explican el fenómeno de la flotación a través de la identificación de regularidades.</li> <li>Construyen y hacen uso de equivalentes para explicar la noción de peso específico.</li> <li>Construyen la noción de peso específico y la utilizan para organizar la experiencia de la flotación de los cuerpos.</li> <li>Consideran la flotación de un cuerpo en un medio como un asunto relacionar entre dos sistemas, cuerpo y medio.</li> <li>Identifican y estratifican características fundamentales que posibilitan la ocurrencia del fenómeno entre dos sistemas, cuerpo y medio.</li> <li>Establecen similitudes y diferencias entre sustancias a través de un cuerpo de referencia.</li> </ul> |
|                                       | El carácter dialógico de la construcción del conocimiento. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enfatizan en buscar la manera de validar sus ideas.</li> <li>Interpelan a sus compañeros con preguntas, respuestas y contra - preguntas.</li> <li>Buscan convencer a sus compañeros a través del diálogo y argumentos.</li> <li>Transforman las situaciones que eran polémicas en un principio en base experiencial para organizar nuevas situaciones respecto al fenómeno.</li> <li>Interactúan a través de discusiones.</li> <li>Justifican razonablemente sus explicaciones.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Tabla 6: Red de categorías, subcategorías e indicios. Continuación.

#### 4.5.1. Los procesos de medición

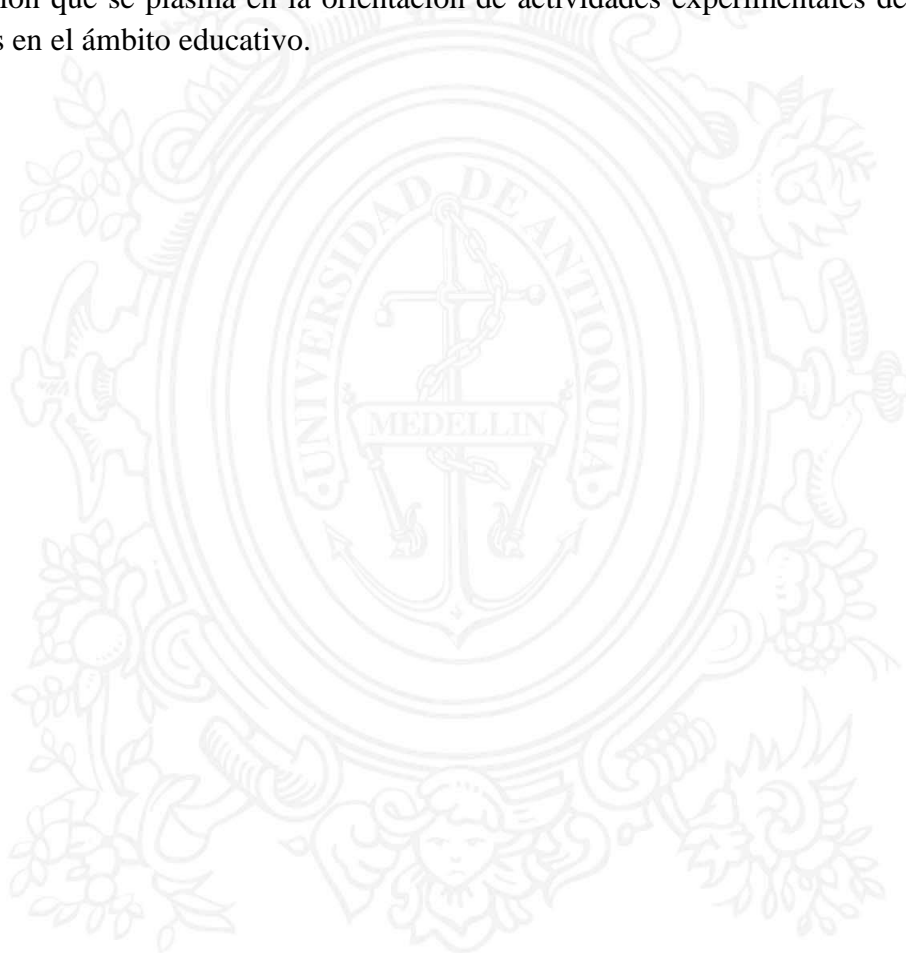
Es usual asumir los procesos de medida como externos al sujeto, reduciéndolo a un asunto “artificial” de precisión de los instrumentos, de las técnicas de medición y del procesamiento de datos (Malagón et al., 2011; Romero et al. 2011). No obstante, en esta investigación se consideran los procesos de medición como una base fundamental de la actividad experimental y la organización de un fenómeno, en donde a través de la experiencia sensible de los sujetos y los procedimientos de identificación y cuantificación de magnitudes físicas se amplían los fundamentos teóricos con miras a la construcción de conocimiento.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

A partir de las reflexiones anteriores, se centró la atención en aquellos enunciados en los que se identificaron aspectos relacionados con la identificación de propiedades para construir clases y ordenaciones, la medición como adecuación entre experiencia y teoría y el instrumento como síntesis de la organización del fenómeno. Es de anotar que a pesar de lo simple y cotidiano que pueda parecer, el proceso de medición exige una reflexión que se plasma en la orientación de actividades experimentales dentro de las propuestas en el ámbito educativo.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

#### **4.5.1.1. Clasificación y ordenación como base del proceso de medida**

Como se enunció en el apartado 3.1.1. la identificación de características comunes en fenómenos o situaciones respecto a una propiedad vía la comparación permite la construcción de clases. La variación de características dentro de una clase, hace posible su ordenación según los resultados de una comparación de los valores que toma respecto a la propiedad elegida (Romero & Aguilar, 2013; Duhem, 2003; Campbell, 1994).

Adicionalmente, para medir una magnitud física, se hace necesario, no solo, la identificación de atributos o cualidades, sino la construcción de un procedimiento concreto para su cuantificación (Duhem, 2003; Campbell, 1994). En esta investigación se asume que, la base de todo proceso de medida se encuentra en la capacidad del sujeto para clasificar y ordenar.

Los indicios relacionados con esta subcategoría son aquellos en los que los participantes:

- Proponen pautas para identificar características y propiedades que les permitan construir clasificaciones y ordenaciones.
- Realizan clasificaciones y ordenaciones.
- Diferencian materiales atribuyendo características a los cuerpos.

#### **4.5.1.2. Medición como adecuación entre experiencia y teoría**

En esta subcategoría se tratan aspectos referidos a planteamientos de autores como Mach (1948) y Duhem (2003). El primero, la observación como una adecuación entre los pensamientos y la teoría, y esta última como una adaptación entre los pensamientos entre sí. Esto permite construir una idea de procesos de medición en el contexto experimental donde existe una retroalimentación entre observación y teoría. El segundo, plantea que los procesos de medida actúan como intermediarios entre la experiencia y la teoría. Lo cual conduce a que cualquier construcción conceptual y teórica que se haga tiene que presentar una adecuación con la experiencia (Mach, 1948).

Algunos indicios contruidos para evidenciar en los enunciados aspectos que dan cuenta de esta subcategoría son:

- Realizan representaciones verbales y/o pictóricas para formalizar sus observaciones y conjeturas.
- Representan y analizan magnitudes en tablas y en el plano cartesiano.
- Analizan un plano cartesiano y extraen información para la identificación de regularidades acerca del fenómeno.



- Adecuan la explicación al fenómeno que se quiere organizar haciendo uso de varias representaciones.
- Establecen relación entre una explicación verbal y su correspondiente representación gráfica para dar cuenta de sus observaciones.

#### **4.5.1.3. El instrumento como concreción de la organización del fenómeno**

En términos de Martins (2007), en la actividad experimental los instrumentos de medición son asumidos como “cajas negras” que producen lecturas cuando son aplicados a sistemas físicos. Fundamentados en Duhem (1992 y 1914, Citado en Romero & Aguilar, 2013), en esta investigación se pretende construir una mirada del instrumento en el contexto experimental como una concreción de la organización del fenómeno, al servir de intermediario junto con los procedimientos de medida, entre el dominio de la experiencia y el dominio de la teoría. Por ello, el instrumento no fue el punto de partida sino que se fue construyendo en el proceso mismo de organización del fenómeno para dar sentido al dominio teórico.

Los indicios que forman parte de la reflexión en esta subcategoría son aquellos en los que los participantes hacen énfasis en: concebir el instrumento como una síntesis de la organización del fenómeno y definir criterios para calibrar el instrumento de medida.

#### **4.5.2. Construcción social del conocimiento**

Para el análisis esta categoría se hizo énfasis en los planteamientos de autores como: Fleck, (1986); Kuhn, (1969); Shapin, (1991); Latour & Woolgar, (1995), que resaltan el conocimiento como una creación social a partir de procesos de interacción dialógica. Como estas reflexiones estaban centradas en aspectos de la sociología, la antropología y la filosofía de la ciencia, fue necesario recurrir a investigaciones que han utilizado los planteamientos anteriores en el contexto de enseñanza (Guidoni & Arcá, 1987; Arcá et al., 1990; García, 2011; Romero & Aguilar, 2013; Leitão, 2012; Jiménez & Díaz, 2003). Así se asume para esta investigación, la experimentación como un escenario de producción de conocimiento mediado por interacciones dialógicas entre los participantes. Son dos las subcategorías que componen esta categoría: formalización del fenómeno de la flotación y el carácter dialógico de la construcción del conocimiento.

##### **4.5.2.1. Formalización del fenómeno de la flotación**

En esta subcategoría se privilegió el modo de ver por sistemas y por variables, el cual posibilita la identificación de acoples entre dos variables extensivas para construir una representación de una variable intensiva (Guidoni & Arcá, 1987). Se asume la formalización como un proceso de identificación de regularidades en torno a una situación

o conjunto de situaciones objeto de estudio para la construcción de conocimiento (véase parágrafo 3.2.1. de la fundamentación teórica).

Para procurar la identificación de los enunciados que hicieran referencia a estas regularidades se construyeron los siguientes indicios:

- Evocan situaciones cotidianas para organizar el fenómeno.
- Explican el fenómeno de la flotación a través de la identificación de regularidades.
- Construyen y hacen uso de equivalentes para explicar la noción de peso específico.
- Construyen la noción de peso específico y la utilizan para organizar la experiencia de la flotación de los cuerpos.
- Consideran la flotación de un cuerpo en un medio como un asunto relacional entre dos sistemas, cuerpo y medio.
- Identifican y estratifican características fundamentales que posibilitan la ocurrencia del fenómeno entre dos sistemas, cuerpo y medio.
- Establecen similitudes y diferencias entre sustancias a través de un cuerpo de referencia.

#### **4.5.2.2. El carácter dialógico de la construcción del conocimiento**

Basados en los trabajos de autores como: Shapin (1991) y Latour & Woolgar (1995), el aula de clases como laboratorio se convierte en un escenario privilegiado para analizar la construcción de conocimiento científico escolar, por medio de las interacciones de carácter dialógico que se presentan entre los estudiantes. Es así como cobra gran relevancia en este proceso: el debate, la argumentación y la contra-argumentación.

Para evidenciar los enunciados que forman parte de esta subcategoría, se plantean los siguientes indicios:

- Los estudiantes interactúan a través de discusiones.
- Justifican razonablemente sus explicaciones.
- Enfatizan en buscar la manera de validar sus ideas.
- Interpelan a sus compañeros con preguntas, respuestas y contra - preguntas.
- Buscan convencer a sus compañeros a través del diálogo y argumentos.
- Transforman las situaciones que eran polémicas en un principio en base experiencial para organizar nuevas situaciones respecto al fenómeno.

#### **4.6. Criterios de credibilidad**

Los investigadores cualitativos, reconocen la necesidad de ser coherentes en el análisis e interpretación del significado de los datos construidos durante el proceso de recolección de la información. Esto requiere de mucho rigor y un alto nivel de exigencia para la validación de la interpretación de los datos (Stake, 2010).

Investigar desde una perspectiva cualitativa “significa una forma de abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimiento a partir de procesos de interpretación, donde la validez y confiabilidad del conocimiento descansa en última instancia en el rigor del investigador” (Cisterna, 2005, p. 62).

En la búsqueda de dar credibilidad a esta investigación se tuvieron en cuenta los siguientes procedimientos:

1. La triangulación: entendida en términos de Stake (2010), como estrategias que no dependen de simple intuición y de las buenas intenciones para la búsqueda de precisión y de explicaciones alternativas en una investigación cualitativa. En esta investigación se realizaron dos clases de triangulación:

A. *La triangulación con el marco teórico*: consiste en establecer una discusión entre los referentes teóricos y los datos obtenidos del trabajo de campo desde una interrogación reflexiva entre lo que la literatura indica sobre los diversos temas objetos de estudio, que en el diseño metodológico se han identificado como categorías y subcategorías, y los datos obtenidos de los enunciados de los participantes en la aplicación de la propuesta didáctica de aula (Cisterna, 2005).

B. *La triangulación metodológica*: que consiste en afianzar la confianza en la interpretación, complementando las observaciones directas con la revisión constante de los registros anteriores (Stake, 2010). Durante el proceso de implementación de la propuesta didáctica se procuró leer los registros de cada sesión para realizar ajustes o preguntas en las actividades posteriores acordes con los intereses de la investigación.

En términos de Stake (2010), “la triangulación nos obliga una y otra vez a la revisión” (p. 99). En este sentido y fundamentados en este autor, fue necesario realizar una triangulación de métodos la cual se describe a continuación:

a. La observación de los registros por actividades: este método jugó un papel fundamental durante (y posterior) el desarrollo de las actividades de aula al posibilitar el registro de ciertos episodios de interés para la investigación, éstos se constituyeron en un insumo para el análisis e interpretación de la información y la redacción del informe final. Además, la observación atenta del investigador permitió realizar ajustes en la propuesta de aula e intervenir en los momentos adecuados para orientar el proceso.

b. La entrevista: se llevó a cabo con tres participantes: Susana, Juan Pablo y Juliana. El propósito consistió en profundizar en ciertos aspectos de la identificación de regularidades, clasificaciones, ordenaciones y ampliación de la experiencia para triangularla con la información almacenada. Durante el desarrollo de las actividades experimentales dos y tres y las respectivas plenarias, los participantes mencionados



realizaron intervenciones en las cuales no desarrollaron la idea y en algunos casos fueron contradictorios en sus planteamientos. En el caso puntual de Susana no pudo participar en el desarrollo de la actividad dos. La información recogida durante la entrevista fue de gran importancia para la triangulación con los otros métodos y la construcción de los datos de la investigación.

c. Revisión de registro de la bitácora de los participantes: algunos participantes de la investigación realizaron intervenciones muy cortas y poco claras, otros por su parte fueron más elocuentes, esto llevó a que el investigador tuviera la necesidad de revisar las bitácoras de todos los participantes, una vez realizada cada actividad, para contrastar la información que no se podía observar de manera directa e ir realizando ajustes. Adicionalmente, por la estructura de la propuesta didáctica se hacía necesaria, por parte de los participantes, la construcción de representaciones y de procedimientos los cuales debían quedar registrados en la bitácora.

d. Revisión de los interesados: a los estudiantes se les presentó el Informe Final de la Investigación antes de enviarlo a evaluadores como una forma de triangulación, se les dio a conocer los resultados y los de cada participación en los eventos nacionales e internacionales. Ellos tuvieron información del paso a paso del proceso del Trabajo de Investigación. Los hallazgos fueron sometidos y comentados para que ellos manifestaran si estaban de acuerdo o no con esas interpretaciones como se había acordado con los acudientes de los participantes en la investigación durante la firma del protocolo ético.

2. El juicio de expertos: el diseño de la propuesta didáctica se inició en los espacios de reflexión del Curso complementario I: La experimentación en la clase de ciencias, con los profesores: Ángel Romero y Julián Medina. Posteriormente, se concluyó la construcción de la propuesta sometiéndola a comentarios de miembros del grupo ECCE en los espacios del seminario de investigación.

3. La presentación de la propuesta en calidad de ponente en eventos como:

- i. XIV Jornadas y II Congreso Internacional Investigar en Educación y Educar en investigación. Avances y perspectivas, publicación en memorias. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- ii. Tercer Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia.
- iii. Encuentro Historia, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias, publicación en memorias. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- iv. Quinto Encuentro de Investigación Escolar, como asistente. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia (véase Anexo 4).

Igualmente se construyó un artículo titulado: La historia de la ciencia, en la búsqueda de un interlocutor: el caso de la densidad de los cuerpos; el cual se encuentra en



arbitraje para publicación en la Revista Entre Ciencia e Ingeniería de la Universidad Católica de Pereira, ubicada en la Categoría B COLCIENCIAS.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



## 5. HALLAZGOS

El análisis e interpretación de los enunciados de los participantes se basa en las categorías y subcategorías propuestas (véase Tabla 5). Estas intervenciones se seleccionaron de acuerdo con el plan de análisis descrito en la metodología.

A continuación se realizará el análisis de los hallazgos tomando como referente una a una las categorías y subcategorías construidas para esta investigación, y la triangulación con la fundamentación teórica y entre métodos desde la perspectiva de Stake (2010).

### 5.1. Los Procesos de Medición

#### 5.1.1. Clasificación y ordenación como base del proceso de medida

Apoyados en los planteamientos de Duhem (2003), Campbell (1994) y Guidoni & Arcá (1987) discutidos en la fundamentación teórica, se diseñaron una serie de actividades didácticas cuyo propósito era que los participantes identificaran un grupo de características, propiedades, cualidades o atributos comunes en torno al fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico, para a partir de allí, entre otros aspectos de la organización del fenómeno de flotación, construir clases.

En el proceso de organización por clases (clasificación) se resaltan las diferencias. Al interior de una clase particular se identificaron cambios que podían asumirse que eran atribuibles a una misma variable y tendrían diferentes variaciones susceptibles de ordenación. Lo anterior sirvió de punto de partida para la construcción y ampliación de una base experiencial que posibilitara la identificación de regularidades en torno al fenómeno en construcción.

Apoyados en la fundamentación teórica, la base de todo proceso de medida se encuentra en la capacidad del sujeto para clasificar y ordenar a través de su experiencia sensible (y la ampliación de la misma). En este sentido, se hace necesaria la realización de actividades experimentales que posibiliten a los participantes la manipulación de cuerpos, sistemas o fenómenos que conduzca al establecimiento de clases de los atributos y a la construcción de una estructura de orden.

Para esta investigación se considera que para hablar de orden se debe haber construido clases de equivalencias al identificar una serie de características como: flotar, no flotar o quedar suspendido. Igualmente, clasificar y ordenar son procesos que se pueden dar en simultáneo: qué cuerpos se hunden en agua, qué cuerpos flotan en agua y qué cuerpos quedan suspendidos en agua, y esto es fundamentado básicamente en la experiencia que se tiene ya organizada de las situaciones. Lo anterior es un paso para saber qué es lo característico de los cuerpos que flotan, se hunden o probablemente quedan suspendidos en agua.

Complementariamente, la flotación se constituye en un fenómeno cuya estructura respecto a un sistema de referencia (el cuerpo y el medio), se comienza a organizar (formalizar) a través de la agrupación de los cuerpos en clases: los que flotan, los que se hunden y los que quedan suspendidos. No obstante un mismo cuerpo no puede ser partícipe de más de una clase, es decir no puede flotar y hundirse de manera simultánea. La identificación de una cualidad o variable, se hace al interior de una misma clase, identificando variaciones que posibiliten la atribución de estructuras de orden: mayor que, menor que e igual que.

Para el análisis de los enunciados obtenidos a través de las intervenciones de los participantes al realizar las actividades propuestas en el grupo de discusión, se tuvieron en cuenta aquellas intervenciones en las cuales se evidenciara el planteamiento de pautas para la identificación de características a partir de las cuales construyeron clasificaciones y ordenaciones, al igual que la diferenciación de materiales.

En la actividad uno: flota o se hunde, al solicitarle a los participantes describir lo que sucede cuando varios sólidos son arrojados en agua se produjeron intervenciones como las siguientes:

Juan Pablo: *flota. Húndalo hasta el fondo.*

Vanessa y Manuella: *flota* [ambas responden de manera simultánea].

Juan Pablo: *flota, se devuelve.*

Manuella: *bueno, aquí podemos poner esa situación.*

Vanessa: *entonces ponemos ahí el corcho... flota, ¿no?*

Manuella: *no sé...* (T. 27/04/2015; pág. 2. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>14</sup>

En estos enunciados se puede evidenciar que cada miembro del grupo menciona si los cuerpos que están arrojando al agua flotan o se hunden, iniciando así con el proceso de construcción de clases a partir de la identificación de dos características: flotar o no flotar en agua. No obstante, esta clasificación aún no se hace de manera grupal sino individual. Lo anterior se evidencia cuando al revisar lo registrado en la bitácora de los participantes el 27 de abril del 2015, se encontraron ciertas discrepancias:

1. Según Juan Pablo: el corcho flota no importa su tamaño; el plástico se hunde despacio; el guayacán guajiro se hunde; el vidrio se hunde rápido.

2. Según Manuella: el balsa flota; la madera nazareno queda suspendida; el vidrio se hunde; el sapán flota, depende del peso y el tamaño.

---

<sup>14</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 2. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

3. Según Vanessa: no se hundan: el algarrobo, el chanó, el sapán, el nazareno y el balso. El guayacán guajiro se hundió. En este inicio del taller, al contrastar las intervenciones los participantes con los registros de sus bitácoras, se pudo evidenciar que las conclusiones anotadas no habían sido consensuadas con el grupo. En este sentido, se observa en los participantes una tendencia a no querer compartir sus posibles hallazgos (trabajar de manera individual), situación que está relacionada con una visión de trabajo del experimento en la que cada individuo se aísla de los demás y no comparte sus ideas.

Como continuidad de los enunciados anteriores, en esta misma actividad (Flota o se hunde) los participantes expresan lo siguiente:

Vanessa: *¿eso es qué?*

Manuella: *esto es Balso, ¿cierto? Yo digo que se queda en la mitad. ¡Hay no! pero queda como... ¡hay mira!*

Juliana: *es que es muy grande* [en la situación que enuncia la participante, el sólido a pesar de ser muy grande queda flotando en agua].

Manuella: *sí... es que es súper grande.*

Juan Pablo: *eso es metal.*

Manuella: *¿estos?*

Juan Pablo: *esos dos.*

Vanessa: *no flota.*

Juan pablo: *¡uh se hunde!, eso no.*

Vanessa: *no flota, se hunde.*

Manuella: *se hunde ahí mismo* (T. 27/04/2015; pág. 2 y 3. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>15</sup>.

En este fragmento, se puede evidenciar que la identificación de clases está determinada por el tamaño del cuerpo que se arroja en un medio. Pese a que Juliana aduce inicialmente que el sólido se hunde porque es muy grande y Manuella lo refuerza afirmando “sí... es súper grande”, inicialmente pareciera que esperaran que porque el cuerpo es grande se va a hundir, al presentarse una situación contraria a la esperada se genera gran sorpresa entre los participantes y deben adecuar un poco lo que sucede a lo que estaban pensando. Lo anterior está relacionado con los planteamientos de Duhem (2003), en el sentido que, pensar y actuar no son dos procesos aislados, para actuar se debe producir una adecuación entre la experiencia y el pensamiento. Así mismo, con las proposiciones de Mach (1948) de que observar es adecuar lo que piensa el sujeto a la situación que se da. Esta adecuación se constituye en una base para la explicación del fenómeno de flotabilidad y funciona porque sirve para explicar lo que los sujetos están percibiendo; adicionalmente

---

<sup>15</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 2 y 3. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.





se constituye en base experiencial para la organización de nuevas situaciones en torno al fenómeno en cuestión.

Juliana señala que pese al tamaño del balso es el peso el que posibilita que flote, pero de una manera todavía no muy clara al expresar “como por el peso”. Se asocia así la tendencia de un sólido a flotar o hundirse con su peso, es posible que esta asociación con el peso este ligada al tamaño del cuerpo, así, a mayor tamaño el cuerpo tendería a hundirse y a menor tamaño tendería flotar. Lo anterior resulta inadecuado, porque conduciría a ubicar un mismo tipo de material en clases diferentes. Además, no se estaría teniendo en cuenta el medio y las condiciones en la que se esté llevando a cabo la experiencia. Mediante la observación se puede evidenciar que el asunto de la referencia al “peso” se repite una y otra vez, esto se constituye en un indicio importante porque una de las intencionalidades de la investigación es establecer relación entre el fenómeno de flotación y propiedades como el peso específico y la densidad; para la determinación de éstas el peso de la sustancia juega un papel importante.

Manuella por su parte, busca anticiparse al resultado de arrojar el balso al agua al afirmar “yo digo que se queda en la mitad”, lo cual tiene que ver con el establecimiento de una nueva clase, quedar suspendido. Adicionalmente al revisar los registros de la observación, en las intervenciones de Manuella, existe una tendencia a anticiparse a los resultados, pero no de una manera arbitraria sino estableciendo conexiones con la base experiencial que ha construido, tal como se evidencia en los siguientes registros: a la pregunta ¿Cómo el adicionar agua afecta el peso específico de la leche?, Manuella responde: *yo diría que disminuye* [busca anticiparse, el peso específico de la leche con agua debe ser inferior al de la leche pura]. Luego de acertar en el resultado plantea: *pero entonces la pregunta sería, ¿por qué si la Auralac y la Colanta se supone que tienen agua por qué tienen mayor peso específico?* [Esta aclaración en la pregunta que hace Manuella se deriva de los resultados obtenidos del cálculo de los pesos específicos para tres tipos de leche: Auralac, Colanta y la recién ordeñada; obteniendo el menor valor de peso específico la leche recién ordeñada]. (T. 05/06/2015; pág. 59. Act. 5 + Plenaria 5: DCPSRPEIM.)<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup>Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 59. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida. Véase anexo 3.

Lo anterior está relacionado con la base experiencial que tiene y que ha venido ampliando, así, ha podido construir nexos entre las situaciones previas y nuevas para relacionarlas con el fenómeno de flotación de los cuerpos.

Al ir avanzando en el desarrollo de las actividades se puede evidenciar en los enunciados de los participantes el establecimiento de una tercera clasificación: quedar suspendido (T. 27/04/2015; pág. 7 y 8. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>17</sup>:

Manuella: *¿cuál es el guayacán guajiro? [...] sí, ¿ese?*

Juliana: *nazareno [...].*

Juan pablo: *y... se hunde* [Juan Pablo considera que el nazareno se hunde porque en su mayor parte queda por debajo de la superficie del agua]

Manuella: *¿cómo qué se hunde? Flota* [Manuella se percata que el nazareno no se hunde, flota justo al nivel de la superficie].

Juan pablo: *no todo.*

Manuella: *ese flotó; queda... ¿sabe cómo? ¿Cómo es qué se dice...? Queda suspendida.*

Vanessa: *¿queda suspendido o flota?, flota.*

Manuella: *este flota. Casi todos flotan.*

Juliana: *queda suspendido. Ese sí flota.*

Manuella: *ve ese sí flota. ¿Ese cuál es?*

Juan Pablo: *este no.*

Vanessa: *métalo otra vez.*

Juliana: *se hunde.*

Vanessa: *metámoslo ahí para las clases y ya vamos clasificándolos.*

Juan Pablo plantea que el Nazareno se hunde; según Manuella flota, y se dirime la controversia al expresar Juan Pablo, “no todo”. Éste “no todo” tiene una connotación importante porque se empieza a construir la noción de grados de flotabilidad, a partir de la cual se posibilita la ordenación dentro de una misma clase al percatarse que pese a que el cuerpo flota, parte de éste queda sumergido. Al mencionar Manuella y Juliana “queda suspendido”, vuelven a retomar una tercera clasificación, esta vez no sólo propuesta por Manuella sino por otro miembro del grupo. Así se ha construido una de las bases del proceso de medida, la identificación de clases. Los participantes han identificado clases: flotar, hundirse y quedar suspendido; a partir de la identificación de ciertas características comunes en el fenómeno de flotabilidad según la propiedad (flotar, no flotar o quedar suspendido) escogida como criterio de comparación. Lo anterior está relacionado con lo planteado en la fundamentación teórica por autores como: Campbell (1994) y Guidoni & Arcá, (1987). De manera adicional, aunque estos aspectos se detallarán más adelante en el

---

<sup>17</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 7 y 8. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

parágrafo de construcción social del conocimiento, al hacer un seguimiento a través de la triangulación entre métodos los participantes tienden a llegar consensos superando así el trabajo individual para llegar a construcciones colectivas.

Durante el desarrollo de la entrevista se pudo evidenciar la claridad que tiene Juliana sobre el establecimiento de la clasificación quedar suspendido, cuando menciona: “[...] *el agua salada está abajo y el agua azucarada hace que se hunda [la bola de cera] y el agua azucarada está arriba, entonces la bola de cera queda en medio [suspendida]*”<sup>18</sup>. Juliana hace referencia a un sistema conformado por agua dulce (arriba), agua salada (abajo) y una bola de cera (en medio).

En un fragmento posterior (actividad Flota o se hunde) los participantes buscan determinar la noción de quedar suspendido:

Juan Pablo: ... *queda como suspendido allí, como...*

Vanessa: *queda más hundido, como ¿será que me hundo será que no?*

Manuella: *sí queda como...*

Juliana: *queda suspendido.*

Vanessa: *queda suspendido* (T. 27/04/2015; pág. 12. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>19</sup>.

A pesar de que los participantes han hecho referencia al término quedar suspendido, todavía no hay claridad en el colectivo en ¿qué están entendiendo por quedar suspendido? Lo anterior se evidencia en las intervenciones de Vanessa, Juliana y Manuella. No obstante, más adelante Manuella menciona lo siguiente: “*el nazareno flota, sin suspender, porque suspendido se ve como en la mitad del agua, ¿no?*” (T. 27/04/2015; pág. 12. Sesión 1. Act. 1.)<sup>20</sup>, en esta intervención se puede evidenciar consenso sobre el término quedar suspendido: no flotar ni hundirse en el agua. Sin embargo, al preguntar ¿no?, se solicita el aval del colectivo para validar su conclusión.

Durante el desarrollo de las actividades se pudo observar cierta dificultad para consensuar una noción de quedar suspendido, flotar o hundirse. En los registros de los participantes se encontraron testimonios que dan cuenta de la necesidad que tuvieron de establecer criterios para determinar cuando el cuerpo flota, se hunde o queda suspendido. Lo anterior se puede apreciar en los siguientes enunciados.

Manuella: *pero no cabe* [Manuella se está refiriendo al hecho de que cuando se coloca un prisma grande de madera en un recipiente pequeño, o no cabe en el recipiente o el

---

<sup>18</sup> Fragmento tomado de la entrevista sobre Actividad 2: 150603-003. Transcripciones pág. 56. Participantes: Susana, Juan Pablo y Juliana.

<sup>19</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 12. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

<sup>20</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 12. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.



agua se riega. Entonces, para solucionar ese inconveniente Juan Pablo propone una alternativa].

Juan Pablo: *claro. Le echamos agua y listo, más profundo.*

Manuella: *yo voy a regar algoito. Espere que esta “ardiendo”, espere.*

Juan Pablo: *se hunde.*

Vanessa: *se hunde.*

Juan Pablo: *la piedra también se hunde* (T. 27/04/2015; pág. 4. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>21</sup>.

Si bien hay unos cuerpos que se hunden y otros que flotan, hundirse es como llegar hasta el fondo del recipiente pero, para poder determinar si un cuerpo se hunde o flota debe haber ciertas condiciones. Aunque los participantes concluyen que un material se hunde, de cierta manera terminan descartando el asunto del tamaño. Lo anterior se debe a que al realizar ciertas acciones como: cambiar el recipiente y echar más agua, terminaron ratificando lo que parecía observaban inicialmente que les hizo ver que lo que estaban pensando no estaba directamente asociado con el volumen es decir, no es un asunto exclusivo del volumen del cuerpo, sino que es un asunto relacionar entre el volumen del cuerpo y el medio en el que se coloca bajo ciertas condiciones (Guidoni & Arcá, 1987); de lo contrario no echarían más agua o no cambiarían de recipiente.

El hecho de que los participantes hayan cambiado las condiciones da a entender que están pensando en otras variables que no se reducen al volumen del cuerpo. Así, cuando Manuella enuncia “pero no cabe” da a entender que el medio es tan reducido en su volumen que toda su acción no se ejerce sobre el cuerpo sino que es el recipiente el que interactúa; pero, el recipiente no importa lo que importa es el medio. El cambio propuesto por Juan Pablo tiene que ver con las condiciones en la que se está llevando a cabo la experiencia, y con la idea que ha de ser el medio el que actúe y no el recipiente; de ahí la intención de adicionar más medio. Los participantes tratan de conformar un sistema donde interactúe el cuerpo con el medio no con el recipiente, centrando la atención en el sistema cuerpo-medio.

Además, lo dicho anteriormente se evidencia también durante la entrevista en la que participó Juan Pablo al expresar: “[...] ¿por qué no le funciona el experimento a Sagredo con la bola de cera?, fue porque le fue aumentando mucho más peso de arena a la bola de cera y no tuvo en cuenta [...] sí flotaba o [...] quedaba suspendida [...]”<sup>22</sup>. Este participante considera importante las condiciones en las que se realiza la experiencia para determinar el grado de flotabilidad de un cuerpo. Al igual que Juan Pablo le recomendó un cambio a Manuella para solucionar la dificultad que ella manifestó, en la misma entrevista propuso una alternativa al problema planteado por Sagredo de no poder lograr que la bola de cera quedara suspendida en medio del agua. Esta posible solución se evidencia en el siguiente fragmento: “como lo entendí yo... sería agregándole cosas que no floten y cosas

---

<sup>21</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 4. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

<sup>22</sup> Fragmento tomado de la entrevista sobre Actividad 2: 150603-003. Transcripciones pág. 54. Participantes: Susana, Juan Pablo y Juliana.



*que floten para que ya uno mira cómo hacer [para] que el cuerpo quede suspendido. Agregándole, como en el caso, madera que flota o hierro que se hunde”<sup>23</sup>.*

Otra situación tiene que ver con las paredes del recipiente que frenan el cuerpo. Dado que las paredes del recipiente sirven para contrarrestar la acción del cuerpo, es necesario tener un recipiente más amplio y suficiente medio para asegurarse que el recipiente no influye directamente sobre el cuerpo sino lo que influye es el medio, y cuando el cuerpo cae en el medio es porque se hundió y si hubiese quedado suspendido la influencia se da es por el medio en condiciones de equilibrio cuando cesa el movimiento.

En términos de Guidoni & Arcá (1987) el sistema de la flotabilidad o la flotación no es un asunto de un solo cuerpo, es una situación que surge de la interacción entre dos, cuerpo y medio, y las condiciones en la que se lleve a cabo la experiencia.

Adicionalmente, cuando Manuella expresa: “yo voy a regar algo”, los participantes se percatan que al aumentar el volumen, ese volumen que aumenta tiene algo que ver con el volumen del cuerpo que se sumerge. Si el volumen es grande podría eventualmente desalojar mucho líquido y en ese sentido se requiere de un recipiente más amplio para tener la seguridad de que el volumen de líquido desplazado no se debe exclusivamente al volumen del sólido. Esta ligazón entre el volumen de líquido desplazado y el volumen del cuerpo arrojado en un medio, está relacionada con la proposición cinco de la Monografía de Arquímedes *Sobre los cuerpos flotantes*: “Si un cuerpo más ligero que un fluido se abandona en éste, se sumergirá hasta que el volumen del fluido desalojado por la parte sumergida pese tanto como todo el cuerpo” (Vera, 1970, p. 238). (Véase Foto 10). Así, durante el desarrollo de las actividades, se observó (a través de los diversos métodos utilizados para recolectar la información) en los procedimientos de los participantes una adecuación de la experiencia a organizaciones conceptuales para la construcción de explicaciones.

---

<sup>23</sup> Fragmento tomado de la entrevista sobre Actividad 2: 150603-003. Transcripciones pág. 54. Participantes: Susana, Juan Pablo y Juliana.

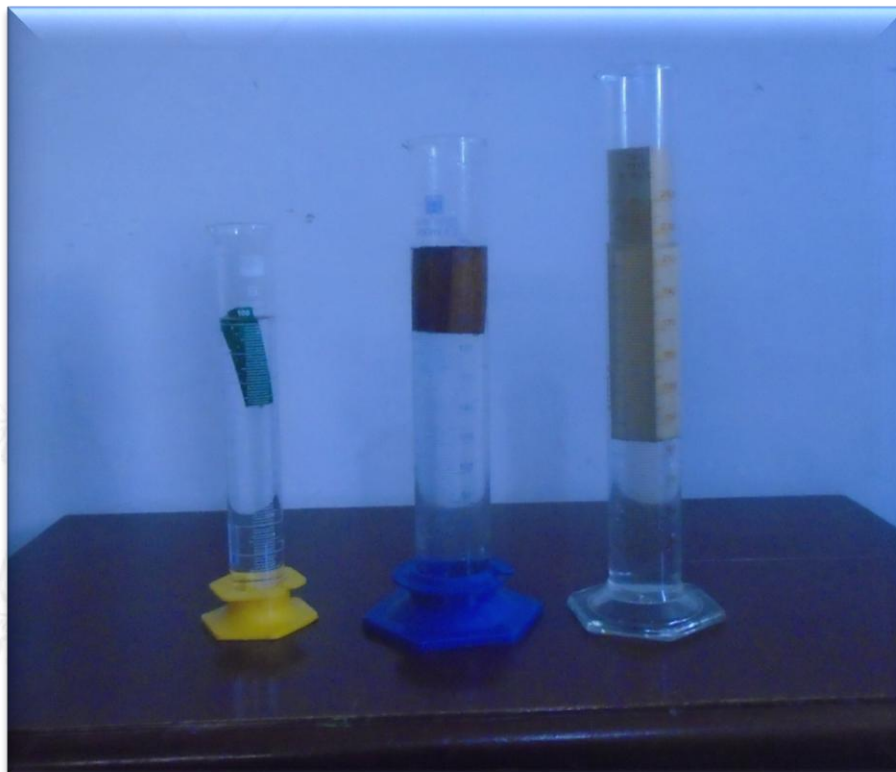


Foto 10: De izquierda a derecha plásticos, sapán y balsa en agua.

Estos asuntos en particular de que si un cuerpo flota, se hunde, queda suspendido, desplaza más o menos líquido que otros, no se pueden prever teóricamente sino que se conocen es en la experiencia, son conocimientos generados por la organización de la experiencia de los sujetos que interactúan. Incluso los posibles acoples (relaciones entre variables), tienen que entrar a jugar en la organización o cambio de lo que se prevé para que haya adecuación es decir, se debe reorganizar un poco cómo es que los estudiantes están entendiendo las situaciones para dar cuenta de esa experiencia; en términos de Mach (1948) se adecúan los pensamientos a los hechos y los pensamientos entre sí, y es el experimento el escenario que posibilita realizar esa adecuación.

Continuando con el desarrollo de las actividades propuestas en la primera sesión, los participantes deciden tomar como cuerpo una cuchara de plástico (la cual no estaba considerada entre los materiales a trabajar) para determinar su flotabilidad en agua. De sus observaciones se derivan algunos enunciados que se relacionan con el establecimiento de clases y tipos de materiales.

Manuella: *¡pero mira!, ahorita el plástico se hundió, y ¿la cuchara?* [Manuella se percató de que la cuchara es de plástico y no se hundió como los otros cuerpos de plástico con los que habían trabajado en esta misma actividad] *¿Entonces la cuchara no es de plástico?*

Juan Pablo: *esa es una situación que no corresponde ¿por qué una parte del plástico se hunde y la otra no? espere, espere ¿por qué el plástico se hunde y el otro no?*

Juliana: *muy raro... porque esto es plástico y esto también, entonces ¿por qué uno se hunde y el otro no?*

Juan Pablo: *esa es la pregunta de los cinco millones, ¿por qué un plástico se hunde y el otro no?* (T. 27/04/2015; pág. 4 y 5. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>24</sup>.

Manuella plantea una generalización a partir de la identificación de una regularidad: si los plásticos con los que han trabajado en esta actividad se hunden, la cuchara al ser de plástico también debería hundirse, de ahí que plantea la pregunta “¿entonces la cuchara no es de plástico?”. Juliana esperaba que ambos tipos de plásticos flotaran o se hundieran por el hecho de ser plásticos y de la observación inicial que había realizado, y Juan Pablo apoya esa incertidumbre al expresar: ¿por qué un plástico se hunde y el otro no?”. Aunque no responden a la pregunta queda el interrogante abierto para resolverlo más adelante, se empieza a identificar y asociar el hundirse o flotar en un mismo medio con una característica que diferencia entre materiales.

Estos planteamientos tienen que ver con lo que se mencionó en la parte inicial de este párrafo: los participantes se percatan que las clases de equivalencias relativas a la flotación son disyuntas, un cuerpo no puede ser partícipe de más de una clase, es decir no puede flotar y hundirse al mismo tiempo en un mismo medio. Así, organizaciones y clasificaciones de los participantes se constituyen en un asunto necesario para identificar una magnitud, para proceder con la ordenación. La primera identificación es por tipos o clases de materiales; no obstante, al interior de los cuerpos que flotan en un mismo medio por ejemplo, puede haber diversos tipos de materiales volviéndose más “fino” en la ordenación y probablemente (como sucede en esta investigación), posibilite la identificación de una variable que caracterice los materiales en su relación con la flotación, que es la noción de peso específico. Así, se establece un criterio para diferenciar materiales a partir de la atribución de características. Si dos cuerpos hechos de plásticos flotan de manera diferente es decir, uno flota y el otro se hunde en agua es porque son diferentes tipos de plásticos, lo cual refuerzan (los participantes) al mencionar más adelante en el desarrollo de la actividad:

Manuella: *¿sí es el mismo material?*

Juan Pablo: *el dado ya se hundió* [el dado al que se refiere Juan Pablo es de plástico].

Manuella: *¿este es el mismo material? Este no puede ser el mismo material porque este se hunde y el otro no* (T. 27/04/2015; pág. 9. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>25</sup>.

Esta intervención de manera enfática, permite ver que Manuella tiene claro el criterio propuesto, si son el mismo material deben flotar de la misma manera. Cabe destacar que este criterio no solo es mencionado por esta estudiante sino por otros miembros del grupo de discusión.

<sup>24</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 4 y 5. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

<sup>25</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 9. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

Más adelante en la misma actividad, los participantes continúan la discusión sobre el asunto de la flotabilidad de la cuchara de plástico para determinar qué tiene que ver el material.

Vanessa: *depende de la forma en que la haga, que la ponga, ¿sí me entiende...?*  
[Vanessa trata de explicar que la cuchara puede flotar o hundirse en agua según la forma como se disponga en la superficie del agua].

Manuella: *pero es qué... mire, ¿sí este es el mismo material que este, por qué con este no pasa lo mismo? Sí uno la pone así debería hundirse, pero no... se hunde.... sí este es el mismo material... ¿por qué con este no pasa lo mismo?*

Vanessa: *pero mire que la cuchara... ¿por qué?*

Juan Pablo: *esas cucharas no son del mismo material de plástico.*

Juliana: *no pueden ser el mismo material.*

Manuella: *no pueden ser del mismo material.*

Vanessa: *entonces son materiales diferentes* (T. 27/04/2015; pág. 10 y 11. Sesión 1. Act.1: FH)<sup>26</sup>.

Los participantes diferencian materiales atribuyéndoles características a los objetos: dos cuerpos iguales en forma y tamaño en un mismo medio y bajo las mismas condiciones deben tener el mismo comportamiento, flotar o hundirse, pero si el uno flota y el otro se hunde es porque no son del mismo material. Conclusiones y organizaciones posibles sólo a través de la experimentación, al mismo tiempo construyen una regularidad en torno a la flotabilidad y el tipo de material.

En el desarrollo de la plenaria de la actividad tres, los participantes debaten sobre la posible información que se puede construir a partir de la parte emergida de un sólido cuando éste flota en un medio (véase Foto 11). Estos enunciados están relacionados con el establecimiento de una estructura de orden como una de las bases del proceso de medida (la otra es la clasificación).

Manuella: *por ejemplo el agua salada hace que los cuerpos floten más.*

Susana: *o sea es como una “potencia”, como una “fuerza” que hace que flote más....*

Yeison: *nos puede brindar el peso específico del medio* [a esta altura de la actividad 3 los participantes ya han construido la noción de peso específico. No obstante, más adelante se desarrollarán con más detalle interpretaciones respecto a esta propiedad].

Susana: *que el peso específico del agua salada era mayor que el peso específico del cuerpo ya que el cuerpo emergió mucho.*

Profesor: *¿sí es agua sin sal?*

Yeison: *que el agua es un poco más pesada que el cuerpo.*

Profesor: *¿sí comparamos estas dos situaciones?*

Susana: *que el agua salada tiene más peso que el agua de la llave* (T. 21/05/2015; pág. 40. Plenaria 3: ECSR.)<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 10 y 11. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.





Foto 11: De izquierda a derecha algarrobo en aceite, agua y alcohol. Instalaciones UdeA<sup>28</sup>.

Lo mencionado por los participantes en el fragmento anterior, tiene que ver con lo que plantea Duhem (2003) de darse cuenta que la variación de la intensidad de una cualidad (el peso específico) a partir del fenómeno de flotabilidad, está relacionada con el cambio de una cantidad (variable extensiva), en este caso la longitud que emerge el cuerpo (téngase en cuenta que los cuerpos en consideración son de volúmenes regulares) (véase Ilustración 2). Igualmente, la conjetura de Susana: “que el agua salada tiene más peso que el agua de la llave”, es producto de las reglas planteadas por Campbell (1994), si el cuerpo flota más en agua salada que en agua de la llave es adecuado afirmar que el agua de la llave flotará en el agua salada y por lo tanto el agua salada es “más pesada” (mayor peso específico) que el agua de la llave. Los participantes han identificado una variable, el peso específico, que es susceptible de compararse. Adicionalmente, lo anterior tiene que ver con una formalización en términos de una estructura de orden, de mayor a menor peso específico: el peso específico del agua salada > el peso específico del agua de la llave > el peso específico del cuerpo (véase Ilustración 4). Lo expuesto anteriormente, permite evidenciar que la clasificación y la ordenación son bases del proceso de medida.

---

<sup>27</sup>Transcripción 21 de mayo de 2015; pág. 40. Plenaria actividad 3: Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente. Véase anexo 3.

<sup>28</sup> Universidad de Antioquia, Medellín.

Al revisar los registros obtenidos a través de la entrevista y compararlos con lo planteado por Susana en el fragmento anterior, la participante demuestra tener claridad sobre la ordenación a partir de la diferenciación entre los pesos específicos de las sustancias con las que está realizando la experiencia. Además, conecta la diferencia entre los pesos específicos con la tendencia de las sustancias a flotar, hundirse o quedar suspendidas en un medio, lo cual se evidencia en las siguientes intervenciones:

Susana: [...] *o sea el agua tiene menor peso específico ¿cierto qué es así? O sea el huevo tiene mayor peso específico que el agua, el agua tiene menor peso específico que el huevo ¿sí es así?, por eso se hunde y en el otro el agua salada tiene mayor peso específico que el huevo y en el otro, en el que queda suspendido es como si... en esa me enredaba en la otra, por eso mantienen como el equilibrio entre sí, tienen como el mismo peso específico, es como decir... el huevo no tiene mayor peso específico que el medio ni el medio tiene mayor peso específico que el huevo.*

Profesor: *¿los pesos específicos son cómo?*

Susana: *son iguales* (Transcripción entrevista; pág. 55).

La conexión, establecida por Susana, entre la diferencia de los pesos específicos y la tendencia a flotar o hundirse también se puede ver (al realizar la revisión documental) en el siguiente texto: *un cuerpo flota según el peso específico que tenga, si es mayor el peso específico de la sustancia el cuerpo se va a hundir. Por ejemplo, el medio es el agua y el cuerpo es, supongamos, un huevo. Entonces, sí el huevo tiene un peso específico menor que el del agua, o sea el agua tiene un peso específico mayor el huevo, se va a hundir ¿sí es así?*<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida. Véase anexo 3.

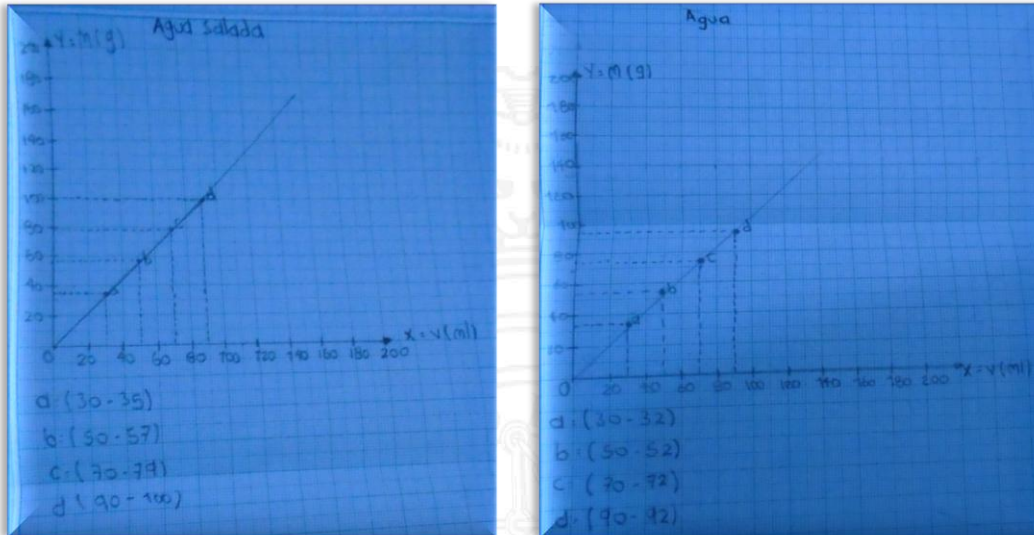


Ilustración 4: Representaciones de peso contra volumen para agua salada, agua y un sólido. Creación de los participantes en la actividad 3.

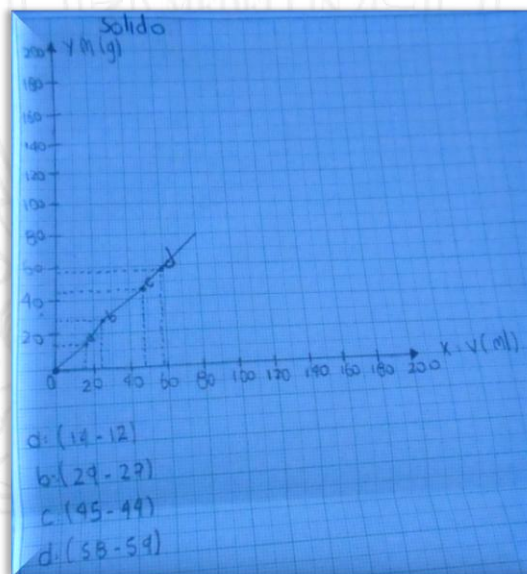


Ilustración 4: Representaciones de peso contra volumen para agua salada, agua y un sólido. Creación de los participantes en la actividad 3. Continuación.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



### 5.1.2. Medición como adecuación entre experiencia y teoría

Basados en aportes de diversos autores (Duhem, 2003; Campbell, 1994; Mach, 1948; Romero & Aguilar, 2013; Rodríguez, 2008) se construyó en la fundamentación teórica la significación de representación como aquel espacio abstracto que posibilita analizar, comprender y explicar un fenómeno o situación objeto de estudio.

La forma como los sujetos se comunican es a través de sistemas de representaciones, lo cual hace necesario la adecuación entre varios de ellos para poder explicar un fenómeno o posibles hallazgos. Así, aspectos como el uso del lenguaje, la asignación numérica a propiedades o atributos, el uso de gráficas y sus respectivos análisis, no solo forman parte del proceso de medida sino que posibilitan la construcción de conocimiento en el aula por parte de los sujetos que experimentan a través del uso y adecuación de diversas representaciones.

Para el análisis de los enunciados obtenidos a través de las intervenciones de los participantes al realizar las actividades propuestas, se tuvieron en cuenta para este apartado aquellas intervenciones en las cuales se evidenciara la adecuación entre varias representaciones para explicar el fenómeno de flotabilidad, el establecimiento de relaciones entre una explicación verbal y su correspondiente representación gráfica para dar cuenta de sus observaciones, la construcción y análisis de planos cartesianos para la identificación de regularidades acerca del fenómeno, entre otros aspectos contemplados en la metodología como lo fue la recurrencia de las situaciones anteriores a lo largo de los registros y observaciones realizadas en la investigación.

Durante el desarrollo del literal b de la actividad uno (Flota o se hunde) se solicitó a los participantes elegir tres casos de los evidenciados para que representen varios momentos de cada situación. Los participantes construyeron inicialmente representaciones pictóricas pero, a medida que se van desarrollando las actividades fueron más detallistas en sus gráficas al punto de incluir explicaciones de lo que está sucediendo en el esquema construido lo cual se hizo evidente en la revisión de la bitácora de la participante, y como se muestra en los siguientes enunciados.

Susana: [...] *escogimos unos que se hundieran y otros que flotaran para hacer las gráficas de las dos formas. Queríamos demostrar que no toda la madera flota, entonces tendríamos que hacer un ejemplo que nos diga que la madera no flota.*

Profesor: *¿cómo graficaron?*

Susana: *yo hice [...], la vasija [el beaker] e hice una manito con el guayacán y como el guayacán al arrojarlo cae en la misma posición en la que fue arrojado. Entonces supuestamente, lo echamos y fue llegando en la misma posición hasta el final y no flotó se hundió.*

Profesor: *pero entonces, ¿describes varios momentos de cómo va cayendo?*

Susana: *sí... del nivel de cómo va cayendo [...] nosotros realizamos la gráfica y una explicación de lo que estaba sucediendo (véase Ilustración 5).*



(T. 30/04/2015; pág. 21y 22. Plenaria 1: FH.)<sup>30</sup>.

Los participantes establecen relación entre una explicación verbal (registrada en texto) y su correspondiente representación gráfica para dar cuenta de sus observaciones. Así, adecúan la explicación al fenómeno objeto de organización haciendo uso de varias representaciones graficas y textuales. Lo anterior, siguiendo a Guidoni & Arcá (1987) les permite interactuar con otros para comunicar su hallazgo (no toda clase de madera flota) y dar sentido a la información representada para quienes estén desarrollando las actividades o para otras personas. También es importante destacar que estas representaciones van en línea con la mirada galileana de explicar en detalle cómo ocurren los fenómenos más que preguntarse el por qué ocurren. Al revisar la bitácora de Susana se muestra el uso de ciertas representaciones para comunicar sus ideas (véase las Ilustraciones 5 y 6; y la Tabla 7).

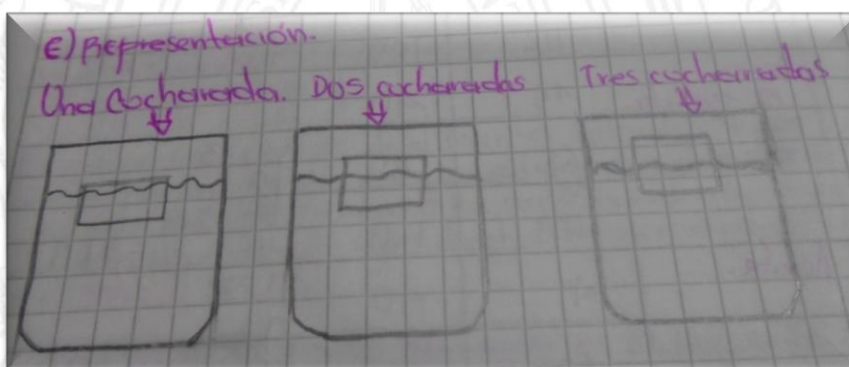


Ilustración 5: Construcción y adecuación de representaciones. Creación de los participantes en la actividad 3.

| C) Flotan                                           | Se hunden                                                            |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Algarrobo<br>plástico largos<br>balsos<br>chombó    | Plástico (dados)<br>Guayacán<br>Violino                              |
| Flotan: Mantuvieron un equilibrio en la superficie. | No flotan: Porque como los tiramos llegan al fondo y allí se quedan. |

Tabla 7: Construcción y adecuación de representaciones. Creación de los participantes en la actividad 1.

<sup>30</sup> Transcripción 30 de abril de 2015; pág. 21 y 22. Plenaria 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

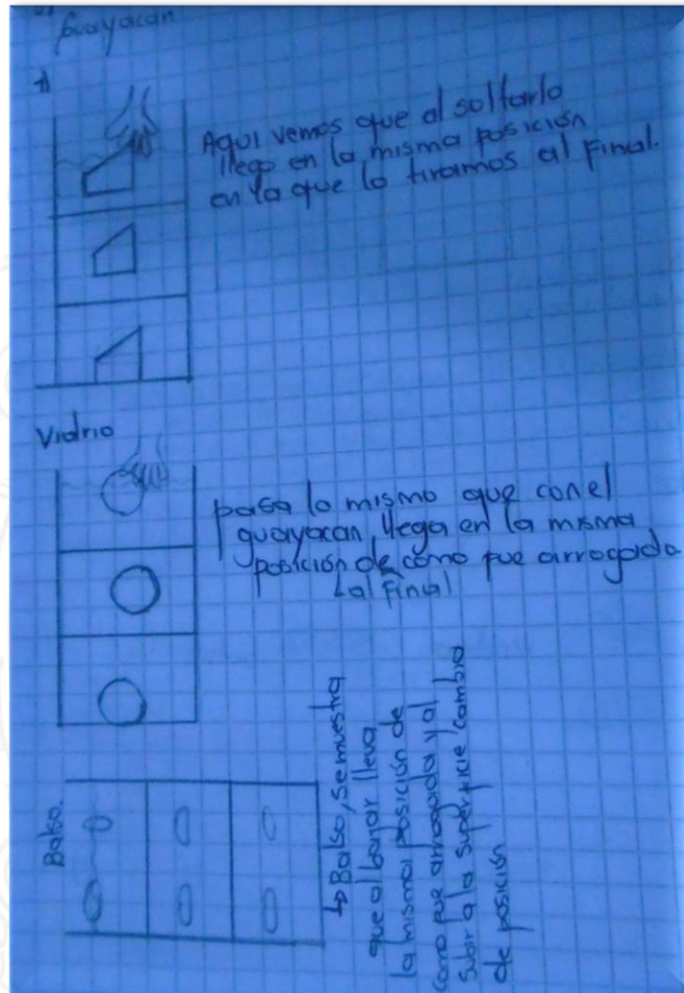


Ilustración 6: Construcción y adecuación de representaciones. Creación de los participantes en la actividad 1.

En esta investigación es fundamental que los participantes amplíen su experiencia en asuntos de flotación para ir dando forma a este fenómeno a través de la noción de peso específico. Una alternativa para lograrlo es la representación cartesiana, a través de la cual es posible construir información necesaria y válida para continuar con la organización del fenómeno y posibilitar el establecimiento del nexo con la propiedad en cuestión. Con este propósito, en la actividad tres de la propuesta didáctica se solicita a los participantes que construyan e interpreten gráficas de peso versus volumen para varias sustancias: alcohol, agua salada, aceite y agua azucarada. Obteniéndose en la plenaria respectiva los siguientes comentarios:

*Yeison: a mí me quedaron en el orden siguiente: primero va la sal [agua salada], pues abajo, después el azúcar [agua azucarada], después el aceite [de cocina] y luego el alcohol.*

Mariana: *sí.*

Profesor: *¿es el mismo orden?*

Todos: *sí* [responden de manera simultánea]

Yeison: *el agua salada es más pesada* [mayor peso específico] *que los demás.*

Susana: *tiene un mayor peso específico.*

Profesor: *¿cómo hago para darme cuenta de eso en la gráfica?*

Susana: *porque fue el que quedo como más elevado en la gráfica.*

Manuella: *o sea con más masa* [peso por unidad de volumen].

Susana: *aja* [cierto].

Manuella: *porque ahí..., por ejemplo cogemos el volumen igual para todos pero, la masa sí cambió, pues por ejemplo: en el alcohol la masa es 77* [gramos] *y para el agua salada es 112*[gramos].

Susana: *entonces cambia la masa.*

Profesor: *¿para un mismo volumen?*

Manuella y Susana: *sí* [responden de manera simultánea].

Susana: *el volumen fue 100* [mililitros] *y las masas fueron para el alcohol 77* [gramos] *y para el agua salada 112*[gramos].

Manuella: *para un mismo volumen de 100* [mililitros] *el que tiene más masa* [peso por unidad de volumen] *es el agua salada, el que tiene menos masa* [peso por unidad de volumen] *es el alcohol* (véase Ilustración 7). (21/05/2015; pág. 42. Plenaria 3: ECSR.)<sup>31</sup>.

Los participantes a través del análisis de la gráfica de peso contra volumen para cuatro sustancias en un mismo plano cartesiano determinan que hay más peso por unidad de volumen (peso específico) en el agua salada que en las otras sustancias. Estas conclusiones no solo se evidencian en las anteriores intervenciones sino en las observaciones de las discusiones y modos de proceder. Lo anterior, tiene que ver con que los participantes:

- i. asocian la línea representada en el plano cartesiano como equivalente a cada sustancia con las que trabajaron: agua azucarada, agua salada, aceite y alcohol. De esta manera, asignan las características de la recta a cada una de las sustancias.
- ii. al establecer la relación numérica o ley numérica, propuesta por Campbell (1994), entre las dos variables extensivas representadas (peso y volumen) posibilitan la cuantificación de la variable intensiva, el peso específico y la asignación de una estructura de orden.
- iii. construyen una representación, adecuada en la experiencia, para la explicación del fenómeno de flotación (Mach, 1948).

---

<sup>31</sup>Transcripción 21 de mayo de 2015; pág. 42. Plenaria actividad 3: Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente. Véase anexo 3.



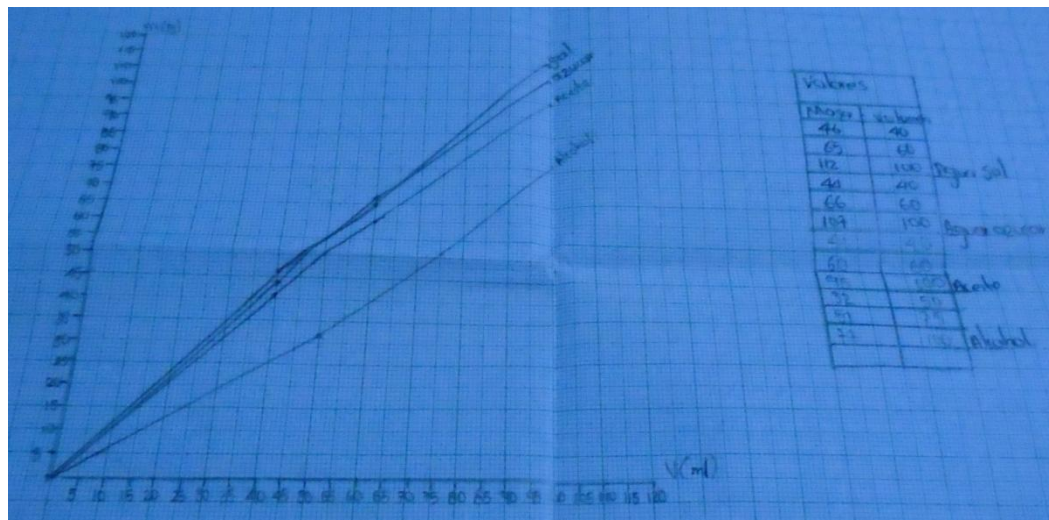


Ilustración 7: Representación de peso contra volumen para agua salada, agua azucarada, aceite y alcohol. Creación de los participantes en la actividad 3.

Las situaciones anteriores se relacionan con el análisis e interpretación de una representación que los participantes ya tienen organizada, la cartesiana, para producir información que posibilite en este caso construir la medición y significación de un atributo de la física, el peso específico (Romero & Aguilar, 2013).

Complementariamente, la orientación de este tipo de experiencias en el aula permite a los participantes elaborar explicaciones al fenómeno y producir las representaciones adecuadas para socializar sus posibles hallazgos. En este proceso se formalizan las regularidades lo que conduce a la construcción de conocimiento. Así se evidencia en lo registrado por Manuella en su bitácora sobre el análisis que realizó de la gráfica cuatro (actividad semipresencial): “en la gráfica 4, observé que el agua tiene más masa que el aceite y el alcohol tiene menos que todos. El aceite flota en agua porque tiene menos masa que el agua, y el alcohol también”. La participante de muestra tener certeza de la relación entre la masa y el volumen de una sustancia a través de la interpretación de un plano cartesiano. Adicionalmente, conecta estas conclusiones con la base experiencial que ha construido y con el fenómeno de flotación de los cuerpos.

### 5.1.3. El instrumento como concreción de la organización del fenómeno

Los instrumentos y los procesos de medida posibilitan la construcción de los objetos de estudio de la ciencia (Romero, 2013). Según Velasco (1998) para que esto ocurra es necesaria una retroalimentación entre instrumento, experimento y teoría; entrando en juego



en la producción de cualquier producto experimental, tres elementos estructurales: un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico Pickering (citado en García, 2011y Romero, 2013). Complementariamente, Duhem (2003) plantea que el uso de instrumentos en sí mismos llega a ser posible solamente con la interpretación teórica de los fenómenos en los cuales se basa su funcionamiento y distingue tres dominios del conocimiento en la ciencia: el de la experiencia, la teoría y el de los instrumentos y procesos de medida (véase parágrafo 3.1.3., fundamentación teórica).

Para el análisis de este apartado se centra la atención en aquellas intervenciones en las cuales se pueda evidenciar cómo los participantes conciben el instrumento, qué relación establecen entre dicho instrumento y la organización del fenómeno, qué criterios definen para calibrar el instrumento, entre otras consideraciones. La observación, jugó un papel fundamental para la identificación de la información que se refiriera a este parágrafo; al igual que los indicios enunciados en las categorías y subcategorías de análisis de la investigación.

Durante el desarrollo de la plenaria cuatro, los participantes discuten en torno a un interrogante: ¿a qué se debe que un mismo cuerpo no flote de la misma forma en diferentes medios? Obteniéndose los siguientes enunciados:

Susana: *[se debe] a la relación que hay entre los dos [cuerpo y medio], [...] entre el peso específico del cuerpo y el peso específico del agua.*

Profesor: *¿puedo utilizar esa relación para ordenar estas sustancias?*

Todos: *sí [responden al unísono].*

Susana: *por ejemplo el que emergió más, el que quedo como...* [Menciona los criterios que utilizaría para realizar la ordenación de las sustancias].

Vanessa: *...en medio y el que menos emergió* [Vanessa complementa el comentario de Susana], *yo organizaría el agua salada de primera, el agua sola de segunda y el aceite ya de últimas.*

Susana: *en el que tiene mayor peso específico que el cuerpo.*

Profesor: *¿podemos utilizar esta situación para diseñar y construir el instrumento?*

Susana: *sí, porque al final va a decir sí un cuerpo emerge más o emerge menos en una sustancia.*

Profesor: *sí flota más o menos ¿qué información brinda?*

Susana: *ah... que el peso específico de una sustancia es la relación entre el peso específico de un cuerpo o [que el peso específico] de una sustancia es mayor o menor.*

Profesor: *¿qué propiedad de los medios se puede comparar con el instrumento?*

Susana: *por ejemplo comparamos el agua salada con el agua, pues cómo flota el cuerpo en ellas.*

Vanessa: *el peso específico de las sustancias.*

Profesor: *¿cuáles sustancias?*

Todos: *agua salada, agua y aceite [responden de manera simultánea].*

Profesor: *¿solo esos medios?*

Angie: *no..., alcohol, agua azucarada.*

Vanessa: *leche o agua azucarada* (T. 28/05/2015; pág. 44 y 45. Plenaria 4:DCIM.)<sup>32</sup>.

A través de la triangulación con la fundamentación teórica se puede interpretar que los participantes se percatan que la parte emergida de un cuerpo (véase Foto10) al ser arrojado en un medio se constituye en la base para el diseño y construcción de un instrumento de medida (véase Foto 2). Lo anterior tiene que ver con lo planteado por Duhem (2003) respecto a darse cuenta que la variación de una intensidad, el peso específico, está relacionada con la variación de una propiedad extensiva (la longitud expuesta del cuerpo de referencia), la parte emergida del cuerpo al ser arrojado en un medio. Estos acoples posibilitan la ordenación de los medios y la determinación de sus pesos específicos tal como lo percibieron los participantes.

Es importante destacar que, aunque los estudiantes expresan que la propiedad que se puede comparar con el posible instrumento para los diferentes medios es el peso específico, dejan claro que la flotabilidad variable para el cuerpo de referencia (posteriormente el instrumento) se debe no exclusivamente al peso específico del cuerpo o al del medio, sino a la relación entre el peso específico del cuerpo y el peso específico del medio; lo cual está relacionado con los planteamientos de Guidoni & Arcá (1987), en lo que han denominado un modo de ver por sistemas y variables, en donde fenómenos como la flotabilidad son un asunto relacional entre los componentes del sistema cuerpo-medio y la propiedad, el peso específico.

Adicionalmente, en el fragmento anterior se puede evidenciar:

1. Los dominios de conocimiento en la ciencia propuestos por Duhem (1992 y 1914, Citado en Romero & Aguilar): el nexa establecido entre el dominio de las proposiciones teóricas y el dominio de la experiencia por el instrumento y los procedimientos de medida para dar sentido a la teoría.

2. En la producción de cualquier producto experimental entran en juego: el conocimiento práctico, la comprensión conceptual del funcionamiento del instrumento y la comprensión teórica del fenómeno asociado al concepto objeto de estudio Pickering (citado en García, 2011 y Romero, 2013).

---

<sup>32</sup>Transcripción 28 de mayo de 2015; pág. 44 y 45. Plenaria actividad 4: Diseño y construcción del instrumento de medida. Véase anexo 3.

3. En términos de Velasco (1998), la existencia de una retroalimentación entre instrumentos, experimentos y teoría.

Al realizar una revisión de los registros por actividades, la participante Susana vuelve a referirse a la flotación como un asunto dependiente de la relación establecida en el sistema cuerpo-medio. Lo anterior se evidencia en la siguiente intervención: *yo también creía, pues que un cuerpo flotaba... tendría que ver solo por el cuerpo, no tendría nada que ver el medio donde estaba, y ahora sé que es un asunto relacionar*<sup>33</sup>. Además, como respuesta a la pregunta, ¿qué entienden por peso específico de acuerdo a lo planteado por el personaje?, Susana mencionó en la entrevista: *“la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo o una sustancia”*. Lo anterior permite evidenciar que tiene claro el concepto de peso específico y la relación entre cuerpo y medio para que un cuerpo pueda flotar.

El instrumento diseñado y construido por los estudiantes, El Areómetro, consta de un tubo de plástico hueco en un extremo y en el otro presenta un bulbo lastrado con granos de arena o balines para que flote de manera vertical en un medio. En el tubo se ubica una escala para representar el nivel de flotabilidad (que se asocia con el peso específico del medio) de las sustancias en las cuales se arroja el instrumento de medida.

Continuando con el desarrollo de la actividad cuatro y la respectiva plenaria, se produjo un debate en torno a un evento que llamó mucho la atención de los participantes: en el alcohol y en el aceite, el instrumento siempre se iba hasta el fondo de tal forma que la columna quedaba por debajo de la superficie del medio. Para determinar el orden en el que debían quedar las sustancias y construir la escala, los participantes recurrieron a las conclusiones construidas a partir de las gráficas que analizaron en la actividad tres de la propuesta didáctica y las reglas propuestas por Campbell (1994). Una vez aclarada la situación por el colectivo decidieron marcar con una flecha (con dirección hacia arriba) en la columna para indicar que el alcohol y el aceite excedían la columna, como se evidencia en las siguientes intervenciones (véase Foto 12):

Susana: *¿en qué orden quedan las sustancias?, entonces quedan..., de mayor a menor peso específico: de primero queda el agua salada, segundo agua azucarada, tercero*

---

<sup>33</sup> Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida. Véase anexo 3.

*agua, eh... después, aunque no queda representado en la columna pero queda de cuarto el aceite, y el alcohol tampoco queda representado pero queda de último.*

Evelyn: *si queda.*

Susana: *¿cómo?*

Manuella: *sí queda, pero no se ve.*

Susana: *pero no quedan representados en la columna.*

Evelyn: *pero hay una flecha que indica que eso continúa.*

Susana: *aja [cierto]. (T. 03/06/2015; pág. 47. Actividad 4 + Plenaria 4: DCIM.)<sup>34</sup>.*

Este “no queda representado en la columna” se refiere a que por más larga que sea la columna de la escala siempre se hunde hasta tapanla por completo tanto para el aceite como para el alcohol, hubo la necesidad de decidir qué procedimiento seguir para definir en qué orden debían quedar estas dos sustancias y para ello fue necesario recurrir a la representación en el plano cartesiano y a las reglas propuestas por Campbell.

En el primer caso, a partir de la interpretación de la gráfica de peso versus volumen (véase Ilustración 1) para las sustancias: agua, alcohol y aceite, los participantes concluyeron que la sustancia con mayor peso específico era el agua, le seguía el aceite y por último el alcohol con el menor peso específico. En el segundo caso, si el alcohol flota en aceite y el aceite flota en agua, es adecuado afirmar que el alcohol flotará en agua como lo evidenciaron en la experiencia. Al presentárseles la dificultad con el instrumento recurren a su base experiencial para resolver la situación y adecuan sus observaciones convirtiéndose el instrumento y los procedimientos de medida en el nexo entre la experiencia y la teoría, como lo plantea Duhem (citado en Romero & Aguilar, 2013).

---

<sup>34</sup>Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 47. Actividad 4 + Plenaria4: Diseño y construcción del instrumento de medida. Véase anexo 3.





Foto 12: Areómetros con las sustancias representadas en su escala.

Posteriormente, en el desarrollo de la actividad cuatro y la respectiva plenaria, se produjeron los siguientes enunciados:

Vanessa: [...] *nosotros tenemos una escala en la columna plástica, lo que necesitamos es que el bulbo nos quede por debajo del líquido para poder mirar el peso específico que tiene los balines y la arena* [Vanessa se refiere al instrumento de medida].

Todos: *no* [responden de manera simultánea].

Susana: *no, es el peso específico de la sustancia en la que está el cuerpo* [el instrumento de medida].

Profesor: *¿sí el bulbo no se sumerge por completo cómo hago para comparar el peso específico de las sustancias?*

*Susana: no se puede, porque la sustancia debe quedar en alguna posición en la columna [en la escala de medida] y en la posición que quede sería el peso específico, entonces sí el cuerpo [el bulbo] no queda totalmente sumergido en la sustancia no podríamos saber el peso específico de la sustancia (véase Foto 13). (T. 03/06/2015; pág. 47. Actividad 4 + Plenaria 4.)<sup>35</sup>.*

Los participantes ya han identificado la cualidad (el peso específico) y ahora se disponen a construir una escala que les posibilite asociar la variación en el peso específico con una cantidad (asignación numérica), porque han percibido en la experiencia que variaciones en la intensidad están acopladas con cambios de una cantidad (la longitud emergida), como lo han enunciado en diversas intervenciones. Para ello definen como criterio que el bulbo del instrumento debe quedar completamente por debajo de la superficie del medio (sumergirse por completo), para que la sustancia ocupe alguna posición en la escala de la columna del instrumento de medida.



Foto 13: Areómetro en la leche.

<sup>35</sup>Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 47 y 48. Actividad 4 + Plenaria4: Diseño y construcción del instrumento de medida. Véase anexo 3.

Es así como los participantes han construido los criterios que les permite calibrar el instrumento de medida y si éstos no se cumplen, el instrumento no es adecuado para determinar el peso específico de los medios en el que se arroja.

En el proceso de modificación del experimento los participantes fueron construyendo un instrumento de medida que les permitió la concreción del fenómeno de flotabilidad y su relación con el peso específico y la densidad dando sentido al dominio de la teoría. Para ello se hizo necesaria una base empírica genuina en términos de García (2011), a través de la cual los experimentos y el aparato fueron diseñados y construidos para producir o evidenciar los acoples deseados.

## 5.2. Construcción Social del Conocimiento

### 5.2.1. Formalización del fenómeno de la flotación

En este párrafo se privilegia una mirada por sistemas y por variables basada en la propuesta de Guidoni & Arcá (1987), a través de la cual se posibilita la identificación de variables y el establecimiento de relaciones entre estas y ciertos fenómenos. Según estos autores, formalizar es un proceso cognoscitivo cíclico que parte de la base experiencial del sujeto y se potencia con el trabajo experimental para construir modos de ver colectivos al identificar la misma regularidad en contextos diferentes.

Para el análisis de este apartado se centra la atención en aquellos enunciados en los cuales se pueda identificar cómo los participantes evocan situaciones cotidianas para organizar el fenómeno, explican el fenómeno de flotación a través de la identificación de regularidades, construyen y hacen uso de situaciones equivalentes para explicar la noción de peso específico, construyen la noción de peso específico y la utilizan para organizar la experiencia de la flotación de los cuerpos, consideran la flotación de un cuerpo en un medio como un asunto relacional entre dos sistemas (cuerpo y medio), identifican y estratifican características fundamentales que posibilitan la ocurrencia del fenómeno entre dos sistemas, y establecen similitudes y diferencias entre sustancias a través de un cuerpo de referencia.

Durante el desarrollo de la actividad cuatro, Diseño y construcción del instrumento de medida, la pregunta ¿de qué características, propiedades o condiciones de las sustancias depende el hecho que se hundan o floten en cierta cantidad de agua u otra sustancia?, suscitó las siguientes intervenciones:

Manuella: *del peso específico de un cuerpo y del medio y también de las condiciones.*

Evelyn: *de los pesos específicos y de sus condiciones.*

Profesor: *¿cuando se refieren a condiciones es qué?*

Susana: *pues como para sacar una conclusión en esto: bueno, entonces: depende del peso específico del cuerpo, del medio y de las condiciones en las que se lleva a cabo el experimento (T. 03/06/2015; pág. 51 y 52. Actividad 4: DCIM.)<sup>36</sup>.*

Intervenciones como las anteriores fueron recurrentes en la triangulación de métodos realizada. En este fragmento los participantes no solo realizan una construcción colectiva sino que proponen una formalización de gran complejidad al afirmar que el hecho que un cuerpo flote o se hunda depende de la relación entre los pesos específicos del cuerpo, del medio y de las condiciones en la que se lleva a cabo la experiencia. En este sentido, han construido una explicación al fenómeno de flotación a través de la identificación de una propiedad. Este tipo de generalización tiene que ver con lo propuesto

---

<sup>36</sup>Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 51 y 52. Actividad 4: Diseño y construcción del instrumento de medida. Véase anexo 3.



por Guidoni & Arcá (1987) al plantear en su mirada por sistemas y por variables que flotar o hundirse es un asunto relacional, tal como lo concluyeron los participantes.

Es importante destacar que conclusiones como estas se derivan de la manera como fueron diseñadas las actividades de la propuesta didáctica en la cual uno de los propósitos era construir una base experiencial en asuntos de la flotabilidad, y al mismo tiempo ir ampliando esa base experiencial para que los participantes, a través de la realización de cada una de las actividades, pudiesen percatarse y hacer explícitas este tipo de regularidades.

Adicionalmente, se puede evidenciar el carácter dinámico de la construcción de conocimiento puesto que al inicio de las actividades los participantes asumían que los cuerpos flotaban o se hundían por el peso del cuerpo, la masa, el volumen, el tamaño, porque fuera plástico o madera, aquí se puede evidenciar que esa “etapa” fue estabilizada y superada y se utiliza esa experiencia para responder una pregunta tan compleja como la que derivó el fragmento anterior.

Los enunciados que se relacionan a continuación, corresponden a una conclusión derivada de la actividad cuatro:

Manuella: *yo voy a decir algo que es como la base de todo ¿qué es el peso específico?*

*Es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo o de la sustancia.*

Profesor: *¿con qué propiedad podemos conectar el peso específico?*

Vanessa: *densidad ¿no...?*

Profesor: *¿qué es densidad y el peso específico?*

Susana: *la relación entre la masa y el volumen.*

Yeison: *de un cuerpo o una sustancia* [complementa la definición de densidad y peso específico de Susana].

Manuella: *¿decir pendiente es una forma de decir peso específico?* [La pendiente de una recta].

Vanessa: *entonces sí se podría densidad.*

Profesor: *¿por qué ven importante conectar densidad con el peso específico y la flotabilidad?*

Vanessa: *porque esas tres cosas reúnen lo que es masa y volumen del medio y del cuerpo (T. 03/06/2015; pág. 54. Actividad 4: DCIM.)<sup>37</sup>.*

Al referirse al peso específico como: “*es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo o de la sustancia*”, los participantes han identificado qué acoples entre dos variables extensivas, peso y volumen, posibilitan la construcción de variables intensivas. Adicionalmente la reflexión va más allá, consideran el peso específico como equivalente a la densidad y conectan ambas propiedades con las relaciones numéricas establecidas por medio del cálculo de la pendiente de una recta en una gráfica de peso contra volumen.

---

<sup>37</sup>Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 54. Actividad 4: Diseño y construcción del instrumento de medida. Véase anexo 3.

Complementariamente, este acople entre dos variables extensivas para construir una variable intensiva permite a los estudiantes dar forma o formalizar, en términos de Guidoni & Arcá (1987), al fenómeno de flotabilidad y a la propiedad peso específico y orientar esta última hacia la significación de densidad de los cuerpos o sustancias.

Al realizar la revisión de la entrevista, la participante Susana vuelve a referirse al peso específico como lo hizo en la intervención registrada en los enunciados anteriores, lo cual se evidencia en la siguiente intervención: “*la relación entre la masa y el volumen [...] de un cuerpo o una sustancia*”<sup>38</sup>. Del mismo modo, al realizar la observación de los registros en la actividad 5 y la plenaria general, la participante vuelve a referirse a una noción del peso específico en los términos anteriores: “*el peso específico es la relación entre el volumen y la masa de un cuerpo o de una sustancia*”<sup>39</sup>. Así, la participante tiene claro el concepto de peso específico como la relación entre dos variables extensivas.

En la actividad cinco y la respectiva plenaria, los participantes discuten sobre ¿cómo el adicionar agua afecta el peso específico de la leche?

Manuella: *yo diría que disminuye* [busca anticiparse, el peso específico de la leche con agua es menor que la leche pura].

Profesor: ¿qué sucedió? [Al realizar el experimento].

Yeison: disminuyo.

Todos: disminuyo [responden simultáneamente].

Profesor: ¿qué explicación podemos dar a este evento?

Manuella: pero entonces la pregunta sería ¿por qué si la Auralac y la Colanta se supone que tienen agua por qué tienen mayor peso específico? [Esta aclaración en la pregunta que hace Manuella se deriva de los resultados obtenidos del cálculo de los pesos específicos para tres tipos de leche: Auralac, Colanta y la recién ordeñada; obteniendo el menor valor de peso específico la recién ordeñada].

Susana: está en el medio de las dos [el peso específico de la leche con agua se ubica entre el del agua y la leche].

Manuella: [el peso específico de la leche con agua] porque no puede ser más liviana que el agua porque tiene leche y no puede ser más pesada que la leche porque tiene agua, entonces quedaría como en ese espacio [entre la leche y el agua] (T. 05/06/2015; pág. 59. Act. 5 + Plenaria 5: DCPSRPEIM.)<sup>40</sup>.

Manuella expresa una generalización de bastante complejidad producto de la base experiencial acumulada a través de la realización de las actividades desarrolladas, la cual se puede sintetizar: si una sustancia, agua con leche, está conformada por dos sustancias su peso específico no puede ser ni mayor ni menor que el de las sustancias que la conforman,

<sup>38</sup> Transcripción tomada de la entrevista, 150603-003; pág. 54.

<sup>39</sup> Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida. Véase anexo 3.

<sup>40</sup> Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 59 y 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida. Véase anexo 3.

éste deberá estar en el espacio intermedio de la escala donde se marcan las sustancias que la constituyen. Aquí se puede parafrasear las reglas de Campbell (1994), si la leche tiene más peso específico que el agua y se mezclan no produciéndose un cambio químico, la mezcla resultante tendrá un peso específico no superior al de la leche ni inferior al del agua. Este tipo de actividades posibilita en los participantes la construcción de concepciones tan elaboradas como estas. Es de anotar que, en el transcurso de la intervención de aula, Manuella construyó una variedad de conclusiones que fueron muy relevantes para la construcción de la fenomenología.

### **5.2.2. El carácter dialógico de la construcción del conocimiento**

En este párrafo, se toma como base la dinámica del conocimiento desde una mirada de la historia y la epistemología de la ciencia con un enfoque social, construida por autores como: Fleck, (1986); Shapin, (1991); Latour & Woolgar (1995). Igualmente, se tiene en cuenta la dinámica social en la formación del sujeto con algunas investigaciones en el ámbito escolar: Guidoni & Arcá, (1987); García, (2011); Romero & Aguilar, (2013); Leitão, (2012); Jiménez & Díaz, (2003). Estos trabajos proporcionan aportes sobre la necesidad de construir socialmente los hechos en el aula.

Para el análisis de esta subcategoría se centra la atención en aquellas intervenciones en las cuales se pueda evidenciar cómo los participantes interactúan a través de discusiones; justifican razonablemente sus explicaciones y validan sus ideas; interpelan a sus compañeros con preguntas, respuestas y contra-preguntas; buscan convencer a otros a través del diálogo y los argumentos; y transforman situaciones que eran polémicas en un principio en base experiencial para organizar nuevas situaciones respecto al fenómeno.

Al inicio del desarrollo de las actividades planteadas en la propuesta didáctica de intervención en el aula, los participantes eran poco receptivos al diálogo con sus pares, a socializar sus ideas y se podía evidenciar más un trabajo de tipo individual que colectivo. A medida que fueron avanzando en la realización de las diferentes situaciones, la dinámica de trabajo fue creando la necesidad de interactuar con los compañeros para la construcción colectiva de explicaciones, procedimientos, conclusiones e incluso la asignación de roles.



En la actividad 1, flota o se hunde, al solicitarle a los participantes describir lo que sucede cuando varios sólidos son arrojados en agua, se obtuvieron las siguientes intervenciones:

Juan Pablo: *flota. Húndalo hasta el fondo* [el corcho].

Vanessa y Manuella: *flota* [responden de manera simultánea y buscan anticiparse al resultado].

Juan Pablo: *flota, se devuelve* [busca anticiparse al resultado].

Manuella: *bueno, aquí podemos poner esa situación.*

Vanessa: *entonces ponemos ahí el corcho flota ¿no?*

Manuella: *yo no sé Vanessa, usted tiene que trabajar con sus propios materiales porque es un apunte individual.*

Vanessa: *por eso, pero eso que están haciendo...*

Manuella: *no sé...*

Vanessa: *¿eso es qué?*

Manuella: *esto es Balso* (T. 27/04/2015; pág. 2. Sesión 1. Act. 1: FH.)<sup>41</sup>.

La expresión de Vanessa “¿no?” Busca el apoyo y el consenso del grupo, pero solo Manuella le responde y lo hace no apoyándola, cerrando la discusión con un “no sé...” Vanessa, evade también la discusión haciendo una nueva pregunta ¿eso es qué?

En este fragmento cada miembro del grupo menciona si los cuerpos que están arrojando al agua flotan o se hunden iniciando así con el proceso de construcción de clases a partir de la identificación de dos características: flotar o no flotar en agua. No obstante, esta clasificación aún no se hace de manera grupal sino individual; evidencia de ello es la respuesta que Manuella le da a Vanessa, “no sé”, probablemente porque al ser la parte inicial de la actividad todavía no se han establecido los acuerdos y no hay la suficiente confianza para el logro de una construcción colectiva.

Continuando con el desarrollo de la actividad uno (Flota o se hunde) se presenta una situación que pone a prueba el grupo, las condiciones en las que están realizando la experiencia no les permite determinar si el cuerpo de madera flota, se hunde o queda suspendido, tal como se muestra en los siguientes enunciados:

Manuella: *pero no cabe* [Manuella se está refiriendo al hecho de que cuando se coloca un prisma grande de madera en un recipiente pequeño, o no cabe en el recipiente o el agua se riega. Entonces, para solucionar esa situación Juan Pablo propone una alternativa].

Juan Pablo: *claro. Le echamos agua y listo más profundo.*

Manuella: *yo voy a regar alquito. Espere que esta “ardiendo”, espere.*

---

<sup>41</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 2. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.



Juan Pablo: *se hunde.*

Vanessa: *se hunde.*

Juan Pablo: *la piedra también se hunde* (T. 27/04/2015; pág. 4. Sesión 1. Act. 1: FH.)<sup>42</sup>.

Manuella se percata de una dificultad, “pero no cabe”, dado que el trozo de madera es muy grande y la cantidad de agua es muy poca para determinar si flota o se hunde. De inmediato Juan Pablo plantea una solución: “le echamos más agua y listo más profundo”. La alternativa planteada por Juan Pablo se constituyó un criterio para determinar la flotabilidad o no de los cuerpos en agua: debían darse ciertas condiciones como que la profundidad del medio fuese lo suficiente como para que si el cuerpo se hunde se sumerja por completo.

Este criterio se construyó en grupo lo que conduce a significar que el colectivo está en proceso de formación al irse consolidando una confianza entre los participantes. Efectivamente, una vez cambiadas las condiciones pudieron determinar con toda certeza que el cuerpo se hunde.

Durante el desarrollo de un procedimiento del literal f en la actividad uno, Flota o se hunde, Angie no entiende cómo están determinando el volumen de los cuerpos. Ante esta situación se presentan las siguientes intervenciones:

Angie: *¿cuál es el volumen de cada cuerpo de madera?* [Angie no entiende el procedimiento que sus pares están utilizando para determinar el volumen del cuerpo de madera, de ahí que plantee dicha pregunta].

Juan Pablo: *el agua ¿cierto?, cuando le agregamos el trozo de madera* [al recipiente con agua] *el agua aumenta* [el volumen de agua], *ese es el volumen* [el que aumentó de agua], *lo que dio cuando le echamos el trozo de madera.*

Susana: *entonces... ¿no se tiene que restar? Mi punto de vista es, cuando arrojamos el cuerpo lo que aumentó se lo restamos a lo que había de agua normal. Supongamos que estaba en 180[ml, el volumen de agua contenido en el recipiente] y le echamos el cuerpo y aumento a 184[ml, el volumen de agua más el cuerpo], luego le restamos a 184 [ml] los 180 [ml] y lo que nos quede ese es el volumen de la madera.*

Angie: *¿entonces es 4[ml]?*

Profesor: *¿qué entendió Angie?*

Angie: *el agua en la probeta y que metíamos eso acá* [el cuerpo] *y que lo que aumentaba lo restábamos con lo que había en la probeta y ese es el volumen de la madera* (T. 04/05/2015; Pág. 25. Act. 1: FH, literal f.)<sup>43</sup>.

Entre Juan Pablo y Susana proceden a explicarle el procedimiento que están utilizando para determinar el volumen de los cuerpos de madera, y al final ella explica cómo entendió el procedimiento. Esta es una característica de la construcción social de conocimiento: el trabajo en colectivo también tiene que ver con aclarar las dudas de los

<sup>42</sup> Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 4. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde. Véase anexo 3.

<sup>43</sup> Transcripción 04 de mayo de 2015; pág. 25. Actividad 1: Flota o se hunde, literal f. Véase anexo 3.

miembros del equipo y de comprobar a través de la explicación que ella dio (Angie), cómo entendió las aclaraciones dadas por el colectivo para luego continuar adelante con el desarrollo de la actividad.

El colectivo ya está conformado, quedando atrás aquellas tensiones que se dieron entre Vanessa y Manuella en el primer fragmento de este parágrafo. El trabajo se realiza en colectivo y si hay algún desacuerdo se consensua a través del diálogo y los argumentos, como lo hizo Susana en el fragmento anterior y como se puede también identificar en las situaciones presentadas durante el desarrollo de la plenaria tres, Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente. En esta plenaria ante la pregunta ¿la parte del sólido qué se hunde o emerge puede servir para hablar del medio?, se presenta una controversia entre Susana y Manuella, la cual se registra a continuación:

*Susana: sí, porque teníamos la misma cantidad del líquido, el mismo tamaño de los cuerpos y en cada uno flotó de manera diferente, entonces eso se da por el medio ¿cierto qué eso se daba por el medio?*

*Manuella: el cuerpo y el medio tienen su propio peso específico independientemente, [...] un cuerpo se hunde en alcohol y en agua flota, entonces si fuera el medio ¿por qué el otro cuerpo sí flota en alcohol?, entonces ahí tienen que ver los dos. [...] si cogemos por ejemplo el balso ¿por qué flota en el alcohol si se supone que era cuestión del medio?, entonces tiene que ver también el cuerpo.*

*Susana: entonces, [...] dependiendo por ejemplo, de qué cuerpos se vayan a arrojar al líquido, lo que acabo de decir ella [Manuella]. Por ejemplo en la del nazareno ahí yo digo que es por el líquido, tiene algo de lógica.*

*Manuella: yo ya sé cómo explicarlo, cada medio tiene un peso específico y cada cuerpo tiene otro, entonces pongamos que el nazareno se hunde en el alcohol porque es más pesado que...*

*Susana: más pesado que el medio [Susana le complementa la oración a Manuella].*

*Manuella: aja [cierto], en cambio el balso es más liviano [que el medio], entonces tiene que ver los dos [cuerpo y medio] por el peso específico de cada uno.*

*Susana: ya entendí. (T. 21/05/2015; pág. 40. Plenaria 3: ECSR.)<sup>44</sup>.*

Manuella construye explicaciones para hacerle entender a Susana que la flotabilidad de un cuerpo en un medio es un asunto relacional (Guidoni & Arcá, 1987), que depende de los pesos específicos tanto del medio como del cuerpo. Es muy significativo que los argumentos que utilizan son analogías referidas a las actividades que han desarrollado previamente, lo que muestra dos situaciones: en primer lugar, el carácter dinámico de la construcción social de conocimiento. Inicialmente era polémico para el colectivo a qué se

---

<sup>44</sup>Transcripción 21 de mayo de 2015; pág. 40. Plenaria actividad 3: Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente. Véase anexo 3.

debía la flotabilidad de un cuerpo en un medio, pero aquí se evidencia no solo que esta dificultad ya fue superada sino que se utiliza esa experiencia (ese conocimiento) para explicar una nueva situación, que la parte emergida del sólido sirve para hablar del medio en el cual flota. En segundo lugar, se produce un proceso de argumentación dialógica en términos de Leitão (2012), puesto que en las intervenciones de las participantes es posible identificar: enunciados, contra-argumentaciones y respuestas.

Complementariamente, prestar atención a la discusión anterior permite, en términos de Jiménez & Díaz (2003), aproximarse a conocer el razonamiento argumentativo y los procesos que tienen lugar en la mente de las estudiantes sobre el fenómeno de flotación o flotabilidad de los cuerpos. Este tipo de situaciones son claves para el carácter dialógico de la producción de conocimiento puesto que le permitió a Manuella utilizar estrategias para convencer (Shapin, 1991; Latour & Woolgar, 1995; Romero & Aguilar, 2013) a Susana, lo cual queda evidenciado cuando al final Susana le responde a Manuella “ya entendí” es decir, Susana fue convencida de que Manuella es quien tiene la razón.

Al final del debate quedan dos conclusiones fundamentales para continuar con la organización del fenómeno: la parte del sólido que se hunde o emerge puede servir para hablar del medio, y el hecho que un cuerpo flote o se hunda en un medio, es un asunto relacional entre el peso específico del cuerpo y el peso específico del medio. Es así como los participantes han construido en colectivo y de manera dialógica, a través de diversas interacciones (debates, construcción de explicaciones, validación de ideas, entre otras.), un nexo entre el fenómeno de flotabilidad y el peso específico que se traduce en un nuevo conocimiento (Fleck, 1986).

También se puede evidenciar una construcción perteneciente ya a un colectivo de pensamiento en términos de Fleck y tal como lo plantea Latour & Woolgar (1995), y Shapin (1991): cada miembro del equipo (del colectivo de pensamiento) es escuchado, en esa idea de convencerse y convencer a otros de que tienen la razón, y sus aportes son tenidos en cuenta para construir nuevas significaciones a partir del debate en el contexto del desarrollo de las actividades experimentales que posibilita un desarrollo conceptual haciéndose evidente la no separación entre teoría y experimento propuesta por diversos autores que fundamentan esta investigación. Es importante mencionar que, las



interpretaciones realizadas en este y los otros párrafos no solo se derivan de los fragmentos seleccionados y relacionados en el aparatado sino de la triangulación realizada según lo propuesto en el diseño metodológico, tanto en el ámbito de la fundamentación teórica como en lo relacionado con la triangulación entre métodos fundamentados en Stake (2010), con el propósito de dar una mayor credibilidad a las interpretaciones realizadas y por ende a la Investigación.

Por último, pero no menos importante, se llevó a cabo una última triangulación y fue la de *revisión de interesados*. En ésta se socializaron con los participantes de la investigación los resultados del Informe Final para obtener su aval y cumplir con el compromiso adquirido con sus representantes legales cuando se firmó el Protocolo Ético de la Investigación. Adicionalmente, para hacerles el reconocimiento merecido por su arduo trabajo como los principales aportantes de los elementos de reflexión en este Trabajo de Investigación.



## 6. POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

Al realizar un balance general de las dinámicas en el proceso de implementación de la propuesta didáctica, incluidas las triangulaciones, se pueden identificar algunas contribuciones que tiene el desarrollo de actividades experimentales en la clase de ciencias, que privilegien las prácticas dialógicas de los estudiantes con sus pares académicos como medio para favorecer el proceso de construcción social de conocimiento científico.

Una de estas contribuciones tiene que ver con la construcción de un espacio de reflexión donde se han formado, y se tiene la intención de seguir formando, estudiantes en todo lo que implica actividades científicas escolares. Sin dudas estas se han constituido en formas alternativas de abordar la ciencia en la IER Piedras Blancas, que ha conducido a la conformación del semillero de investigación escolar Biofísica, a través del cual se posibilita avanzar en la consolidación de una cultura científica a nivel institucional (Arcá et al., 1990).

Complementariamente, el desarrollo de este tipo de actividades permite responder a uno de los requerimientos en política pública que hace, a través de los estándares básicos de competencias, el Ministerio de Educación Nacional en el año 2006, al demandar una formación en Ciencias Naturales que contribuya a la consolidación de estudiantes capaces de analizar lo que pasa a su alrededor, formularse preguntas, buscar explicaciones, compartir y debatir con otros sus ideas, para aproximarse progresivamente al conocimiento científico. Aunque en esta investigación no se pretendió acercar a los participantes progresivamente al conocimiento científico porque esto alude a una perspectiva que sitúa al conocimiento científico como externo al sujeto, lo que es contrario a la postura asumida en esta investigación de que el conocimiento es una construcción social (Fleck, 1986), se crearon espacios de interacción dialógica que condujeron a la construcción de conocimiento por parte de los participantes en torno al fenómeno de flotación y su relación con el concepto de peso específico.

En cuanto al favorecimiento de espacios de interacción dialógica para la construcción de conocimiento científico, se pudo evidenciar el valor pedagógico y didáctico

de una propuesta en la que se asume el conocimiento como una construcción social, en donde existe una estrecha relación entre el trabajo en el laboratorio como producción de conocimiento y la interpretación y las formas de divulgación de los conocimientos producidos (Fleck, 1986; Kuhn, 1969; Shapin, 1991; Latour & Woolgar, 1995). En diversas ocasiones los participantes centraron la atención en la construcción y utilización de estrategias adecuadas para convencer a sus pares de sus posibles hallazgos, aspectos como: el debate, la justificación razonable de explicaciones, los énfasis en buscar la manera de validar sus ideas y el convencer a otros a través del diálogo y los argumentos, fueron parte de las formas de proceder asumidas por los estudiantes durante el desarrollo de las actividades experimentales. Lo anterior está en línea con un enfoque de tipo sociológico, filosófico y cultural de la física, que sirvió de fundamentación teórica en esta investigación y con las demandas hechas por algunas investigaciones en la enseñanza de las ciencias (Guidoni & Arcá, 1987; Arcá et al., 1990; García, 2011; Romero & Aguilar, 2013; Leitão, 2012; Jiménez & Díaz, 2003).

Respecto al uso de la historia y la epistemología, la propuesta de intervención de aula a través de los análisis histórico-críticos proporciona ejemplos de cómo construir nexos entre la epistemología y la historia de la ciencia para la organización del fenómeno de flotación y propiedades asociadas. Constituyéndose en una orientación alternativa para el diseño de nuevas propuestas de enseñanza de las ciencias que aborden la actividad experimental y la construcción social de conocimiento en el aula con un componente de reflexiones históricas y epistemológicas. Con lo anterior se da respuesta a la necesidad de incluir este tipo de reflexiones en la enseñanza de las ciencias planteada por investigaciones como: Koponen & Mäntylä (2006); Romero et al. (2011); Malagón, Ayala & Sandoval (2011), entre otras.

Con relación al instrumento de medida, se asume una mirada del aparato como concreción de la organización del fenómeno de flotación en la que a medida que los participantes de la investigación avanzan en el desarrollo de las actividades, van identificando regularidades que les permite ir construyendo a la par el aparato de medición. De esta forma el instrumento y los procedimientos de medida, se constituyen en un intermediario entre la experiencia y la teoría para dar sentido a las formalizaciones

construidas, y se le resta al instrumento el carácter operativo heredado de la denominada postura científicista.

En la realización de las actividades experimentales, los participantes le dieron gran importancia a los procedimientos y a la adecuación entre representaciones, experiencia y teoría para construir explicaciones sobre la ocurrencia de un evento o situación. Esto los llevó a que al realizar los experimentos, centraran la atención en las relaciones entre el sistema cuerpo-medio para identificar regularidades en el fenómeno de flotación y las variables asociadas.

En el diseño de la propuesta de intervención de aula se privilegió una estructura donde se asumieran los procesos de medición como una adecuación entre la experiencia y la teoría. Complementariamente, la estrategia de ampliación de la base experiencial de los estudiantes posibilitó una participación más dinámica por parte de los mismos y permitió la construcción de conocimiento en contexto, a partir de la cual, se construyó el instrumento de medida y algunos criterios de pureza de la leche que se produce en la vereda Piedras Blancas del municipio de Guarne, Antioquia.

En cuanto a la enseñanza de las ciencias naturales, dos aspectos que se pudieron evidenciar durante el desarrollo de esta propuesta y que inicialmente fueron asumidos como supuestos de la investigación son:

1. La actividad científica es un proceso socialmente construido, tanto en el ámbito científico como en el ámbito escolar; por lo tanto, cualquier acción en la escuela, tiene que ser una acción no hacia el individuo, sino hacia el colectivo. (Malagón et al., 2011; Romero et al. 2013).

2. Es sólo a través de las representaciones (enunciados, gráficos, lenguajes) que los individuos pueden externalizar sus pensamientos y, a la vez, pueden saber lo que piensan los demás (Arcá, Guidoni & Mazzoli, 1990; Guidoni & Arcá, 1987; Candela, 1999; Romero et al. 2013).

Los supuestos anteriores, tienen que ver con una imagen de conocimiento como construcción social que posiciona a los principales actores del proceso de enseñanza-aprendizaje, estudiante y profesor, como sujetos de conocimiento y de esta forma se

consideran partícipes de la construcción, validación y justificación del conocimiento científico en contexto.

Durante la implementación de la propuesta didáctica se evidenció un cambio de actitud por parte de los estudiantes respecto al trabajo experimental en física, estos se mencionan a manera de potencialidades:

1. La orientación de las actividades jugó un papel importante. Los estudiantes inicialmente tendían a trabajar de manera individual, no escuchaban a sus compañeros y se producían pocas intervenciones consensuadas. No obstante, la dinámica de trabajo propició que los estudiantes fueran asumiendo roles en el grupo de discusión que los llevó a hacer aportaciones significativas encontrando su lugar en el equipo de trabajo. De esta manera no hubo un único líder sino una suma de esfuerzos consensuados para el desarrollo de las problemáticas o situaciones que se les presentaron en la propuesta de aula y la construcción de nuevas situaciones a partir de las reflexiones que realizaron.

2. A medida que se fue avanzando en el desarrollo de las actividades experimentales, los estudiantes iban asumiendo mayor grado de compromiso y calidad en los argumentos y productos elaborados. Igualmente, se pudo evidenciar un trabajo colaborativo al aclarar las dudas de sus compañeros antes de continuar con el desarrollo de las actividades.

3. Durante el desarrollo de las actividades se presentaron diversas controversias entre los participantes pero, en lugar de convertirse en un obstáculo para continuar con el trabajo lo asumieron como la oportunidad de construcción de argumentos para convencer a sus compañeros de que ellos eran quienes tenían la razón. Un aspecto que llamó mucho la atención fue el respeto y el reconocimiento del otro pese a las diferencias de opinión, los participantes aceptaron en muchas oportunidades que sus compañeros eran quienes tenían la razón.

4. En varias ocasiones los participantes recurrieron a proponer una experiencia para llegar al consenso es decir, ante la dificultad de consensuar a través del discurso proponían realizar los diferentes procedimientos para determinar cuál era la explicación o argumentación más adecuada. Así, la actividad experimental se constituyó en un espacio de producción, validación y justificación del conocimiento.



5. Durante el desarrollo de las actividades se pudo evidenciar cómo los estudiantes transformaban las situaciones que eran polémicas en un principio en base experiencial para organizar nuevas situaciones respecto al fenómeno. También, un marcado énfasis en el uso de ejemplificaciones para comunicar sus posibles hallazgos y tratar de convencer a sus pares.

6. En varias ocasiones los estudiantes cambiaron el orden de las actividades propuestas y buscaban relaciones entre las diversas situaciones para incorporar adecuaciones en sus procedimientos y explicaciones. Lo anterior, tiene que ver con una mirada del experimento más de tipo fenomenológica que como recetario (Hodson, 1994).

7. Es importante destacar que siete de los doce estudiantes participantes en la investigación, se caracterizaban por mostrar bajo desempeño académico, poco interés en el área de ciencias naturales y escasa disposición para formar parte de actividades que demandaran tiempo extracurricular. No obstante, durante el desarrollo de las actividades experimentales y las respectivas plenarias participaron de manera muy proactiva.

Como perspectivas de trabajo, se propone tener en cuenta que se debe seguir profundizando en aspectos relacionados con los procesos de medida y la construcción social de conocimiento científico en el aula. Aunque en esta investigación se avanzó de manera significativa en el análisis de estas temáticas a partir de los referentes teóricos y la orientación del trabajo desarrollado por los participantes, falta mucho camino por recorrer en el cometido de que los estudiantes tengan una mayor apropiación de este tipo de propuestas didácticas.

Otros aspectos sobre los que se considera importante reflexionar para mejorar la comprensión y práctica de los procesos de medición en la enseñanza de la Física, son: los procesos de interacción dialógica, de ampliación de la experiencia y el uso de los análisis histórico-críticos.

Por último, es importante llevar a cabo una reflexión disciplinar más amplia respecto al fenómeno de flotación y las variables intensivas y extensivas asociadas, que fueron abordados de manera superficial durante las actividades, y que valdría la pena construir más detalladamente con los estudiantes a fin de poder obtener información que dé cuenta de un proceso de construcción de conocimiento en torno a dicha temática.

## 7. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Arcá, M., Guidoni, p. & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencia. Cómo Empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 19-35.
- Campbell, N. (1994). Medición. En Newman, J. (ed). *Sigma: El mundo de las matemáticas*, tomo 5. Barcelona: Ediciones Grijalbo.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México – Buenos Aires – Barcelona: Paidós.
- Cisterna C, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. [Versión Electrónica] *Theoria*, 14 (1), 61-71.
- Duhem, P. (2003). *La Teoría Física. Su Objeto y su Estructura* (M.P. Irazazábal, Trads.) Barcelona: Herder Editorial (Trabajo original publicado en 1914).
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural. Una aproximación antropológica. En *Boletín de Epistemología*, Bogotá. Vol. III. N°. 1, 1983.
- Ferreirós, J. & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. [Versión Electrónica] *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
- Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. (L. Meana, Trads.) Madrid: Alianza Editorial (Trabajo original publicado en 1935).
- Galilei, G. (1638). *Discorsi intorno a due nuove scienze*. San Román, J. (Traductor) (2003). Losada: Buenos Aires. Pp. 104 – 106.
- García, E. (2011). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. [Versión Electrónica] *Praxis Filosófica*, (31), 7-24.

- Guidoni, P. & Arcá, M. (1987). *Guardare per sistemi, guardare per variabili*. Turín: Emme Edizioni.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Jiménez, M. & Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Investigación Didáctica*, 21(3), 359-370.
- Koponen, I. & Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science Education*, 15, 31-54. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11191-005-3199-6#page-1>
- Kuhn, T. S. (1969). Posdata. En T. S. Kuhn (Ed), *La estructura de las revoluciones científicas* (268-319). México: Fondo de cultura económica.
- Latorre, A; Rincón, D. & Arnal, J. (1996). Bases metodológicas de la investigación educativa. Barcelona: Grafiques 92.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1995). *Un Antropólogo Visita El Laboratorio. La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Leitão, S, (2012). O trabalho com argumentação em ambientes de ensino-aprendizagem: um desafio persistente. Brasil. Ponencia presentada en el marco del II Congreso sobre Divulgación Científica. Medellín.
- Mach, E. (1948). Adaptación de los pensamientos a los hechos y de los pensamientos entre sí & La experimentación física y sus guías. En: “*Conocimiento y error*”. 1905. Editora Espasa-Calpe Argentina S.A., Buenos Aires, 1948.
- Malagón, J.F., Ayala, M.M. & Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Universidad Didáctica Nacional, 2011.

- Martins, R. (2007). Philosophy in the physics laboratory: Measurement theory versus operationalism. Recuperado el 3 febrero de 2014, del Sitio Web del Group of History and Theory of Science, State University of Campinas (Unicamp), Brazil: <http://www.ghsc.usp.br/server/pdf/ram-IHSPT-measurement.PDF>.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Bogotá: Ministerio de educación nacional.
- Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido [Versión Electrónica]. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1-42.
- Rodríguez, L. D. (2008). De la mecánica racional a la termodinámica general o energética: La física de Pierre Duhem. En: M. M. Ayala, et al. (Eds), *Los procesos de formalización y la organización de los fenómenos físicos: el caso de los fenómenos mecánicos* (57-69). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Didáctica Nacional.
- Rodríguez, L. D. y Ayala, M. M. (1996). La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. *Física y cultura. Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*. UPN, Bogotá, No. 2, 1996, pp. 75-95.
- Romero, A. & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2013.
- Romero, A. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. En: Romero, A. et al. *La argumentación en la clase de ciencias, aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias*. , Ed. Artes y Letras, Medellín, 2013, pp. 71-98.
- Romero, A., Mosquera, Y. & Mejía, L. (2013). La experimentación y los procesos de formación de docentes de ciencias naturales. En prensa.



- Romero, A. y Rodríguez, L. D. (2006). El concepto magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los Estados de movimiento y sus cambios. En *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín: Universidad de Antioquia, Vol. XXX, N° 43.
- Sandín, M.P. (2003). Tradiciones en la investigación Cualitativa. En M. P. Sandín. (Ed), *Investigación cualitativa en Educación. Fundamentos y tradiciones* (141-183). Madrid: Mc Graw and Hill Interamericana de España.
- Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. Tomado de *La scientetellequ'elle se fait*, Michel Callon y Bruno Latour (editores), La découverte, París. Traductor: Germán Pineda. Revisión de Jorge Charum. Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1995.
- Stake, R. E. (2010). *Investigación con Estudio de Casos*. Madrid: Ediciones Morata, S.L. Quinta edición.
- Velasco, M. (1998). Experimentación y descubrimiento: algunas reflexiones desde la epistemología de la experimentación [Versión Electrónica]. *Revista Episteme (Porto Alegre)*, 3(6), 137-143.
- Vera, F. (1970). Científicos Griegos. Recopilación, estudio preliminar, preámbulos y notas. Sobre los cuerpos flotantes. Aguilar. Madrid. Pp. 238 – 245.

Anexo 1. Protocolo ético.



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

**Nombre de la Investigación:** La experimentación en la clase de ciencias y la construcción social de conocimiento científico. Reflexiones sobre el proceso de medición en torno al fenómeno de flotación de los cuerpos.

**Investigadores:** Jaime Antonio Quinto Moya y Ángel Enrique Romero Chacón.

Esta investigación tiene como propósito contribuir al proceso de construcción social de conocimiento científico en el aula, por parte de un grupo de estudiantes de nivel básico de enseñanza, cuando son motivados a la realización de actividades experimentales en torno al fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico. Este proyecto se enmarca en los intereses y perspectivas académicas del grupo de investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza –ECCE– de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, en particular en la línea de investigación de Epistemología, historia y enseñanza de las ciencias. Esta investigación propone como protagonistas a un grupo de estudiantes de los grados Octavo y Noveno de la Institución Educativa Rural Piedras Blancas de la Vereda Piedras Blancas, Municipio de Guarne – Antioquia. En virtud de lo anterior solicitamos su aceptación como partícipes de la misma.

Presentamos para ello nuestro compromiso ético, concerniente al uso adecuado, respetuoso y discrecional de la información por ustedes suministrada. Esta información sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de esta investigación y presenta total independencia de la evaluación del grado. Garantizamos además el proceso de retroalimentación con base en lo analizado y los créditos de carácter investigativo que como protagonistas de la investigación se merecen.

Así pues, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, fotografías, entrevistas, grupos de discusión, y demás sean la base de análisis de esta investigación. Toda esta información se protege en atención a la Ley 1581 de 2012 cuyo objeto es el de proteger la información personal que se recoge en bases de datos, archivos o similares. Les solicitamos además, algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes.

JAIME ANTONIO QUINTO MOYA

ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN



Institución Educativa Rural Piedras Blancas

"Educación compromiso de todos"

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



|                         |                       |       |
|-------------------------|-----------------------|-------|
| _____                   | _____                 | _____ |
| NOMBRE DEL PARTICIPANTE | IDENTIFICACIÓN (T.I.) | FIRMA |

|                      |                       |       |
|----------------------|-----------------------|-------|
| _____                | _____                 | _____ |
| NOMBRE DEL ACUDIENTE | IDENTIFICACIÓN (C.C.) | FIRMA |

Observaciones:

---



---



---

U  
DI



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**  
 "Educación compromiso de todos"  
 Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007  
 DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3  
 Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

1 8 0 3

## **PRESENTACIÓN PROPUESTA DIDÁCTICA**

El desarrollo de esta propuesta de intervención de aula se realiza desde la perspectiva de trabajos de investigación del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza – ECCE – de la Universidad de Antioquia.

La propuesta didáctica fue diseñada para favorecer la ampliación de la base experiencial de los estudiantes, los procesos de interacción dialógica y de formalización para la producción social de conocimiento científico en el aula. Lo anterior, a través de la implementación de actividades experimentales en torno al fenómeno de flotación y su relación con el concepto de peso específico.

Durante el desarrollo de las actividades experimentales, se tiene en cuenta la orientación de los estudiantes para construir espacios de interacción dialógica alrededor de los procesos de medida llevados a cabo; del diseño, construcción y uso del instrumento; la construcción de clases y estructuras de orden; entre otras consideraciones.

En esta investigación se asume la actividad experimental en la clase de ciencias como un espacio de construcción, justificación y validación del conocimiento en contexto.

Las actividades que forman parte de la propuesta didáctica están orientadas a mostrar formas alternativas de construcción social del conocimiento científico, en donde la experimentación es vista en estrecha relación con los desarrollos conceptuales y teóricos. Para ello, se tiene en cuenta una estructura no jerárquica que incluya en todas las actividades aspectos relacionados con: clasificación y ordenación, medición como adecuación entre experiencia y teoría, el instrumento como concreción de la organización del fenómeno, ampliación de la base experiencial, procesos de interacción dialógica y de formalización. Adicionalmente, se incluye el análisis de fragmentos originales de la historia y la epistemología de la Física, al igual que la replicación de algunos episodios de la misma. Lo anterior, a través de reflexiones sobre el proceso de medición en torno al fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de peso específico.



## DISEÑO DE PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

### GENERALIDADES DE LA PROPUESTA

Durante el desarrollo de las actividades experimentales se privilegia la orientación a los estudiantes para la utilización de procesos de interacción dialógica donde se supere la influencia de la perspectiva positivista en cuanto a la forma de asumir la actividad experimental, la separación entre teoría y experimento y la falta de reflexiones filosóficas, epistemológicas e históricas (Romero et al., 2013; Malagón et al., 2011).

La propuesta se lleva a cabo por sesiones de trabajo. En cada una de ellas, se realizan actividades experimentales, que incluyen a su vez: plenarias o grupos de discusión, actividades semipresenciales, entrevista semiestructurada (en algunos casos) y registro de los productos derivados del proceso de interacción entre los participantes. A continuación se presentan algunas orientaciones para el trabajo de los estudiantes en cada una de estas actividades:

- *Actividades experimentales (guías de trabajo)*: diseñadas para crear un escenario donde a partir de la interacción dialógica entre los participantes se construya conocimiento, a través de procesos o situaciones como: el debate, la ampliación de su base experiencial, la observación como una adecuación entre lo que se piensa y la experiencia sensible, y el uso y adecuación de representaciones para identificar y comunicar una idea o posible hallazgo.
- *Actividades semipresenciales*: construidas para permitir que los participantes amplíen la experiencia por fuera del grupo de discusión e incorporen a sus familias en el desarrollo de las actividades, para posteriormente poner en consideración sus conclusiones con el grupo de discusión. Lo anterior permitió incorporar nuevos elementos de reflexión para el desarrollo de las actividades presenciales.
- *Plenarias asociadas a un grupo de discusión*: creadas como un espacio para la puesta en común a través del debate de las ideas desarrolladas en la realización de las actividades experimentales.
- *Entrevista semiestructurada*: se utiliza como estrategia para recolectar información, donde a través del diálogo se profundiza en ciertos aspectos o situaciones que se consideran relevantes para la investigación.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



### ACTIVIDAD 1

#### Flota o se hunde.

Esta actividad tiene como propósito construir una base experiencial que permita la identificación de regularidades y la construcción del fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de densidad.

En nuestra cotidianidad sabemos que no todos los cuerpos flotan cuando son arrojados en agua: unos se hunden hasta el fondo, otros flotan en la superficie, y probablemente algunos queden “suspendidos”. Así, se sabe que una pequeña esfera de hierro se hunde en agua, mientras que un gran tronco de madera flota en ella. No obstante, también se sabe que un buque muy grande de metal flota en el océano. Enuncie cuatro situaciones diferentes en las cuales se evidencie que ciertos cuerpos flotan o se hunden en agua.

Considere varios cuerpos sólidos como: un cubo pequeño de madera de “Guayacán guajiro”, una esfera mediana de vidrio, un prisma grande de balsa, un prisma pequeño de plástico, una esfera pequeña de hierro, entre otros.

- Describa detalladamente lo que sucede cuando, uno a uno y secuencialmente, ellos se dejan caer en un recipiente con agua. ¿Toda clase de madera flota en agua? Explique.
- Elija tres de estos casos y represente gráficamente varios momentos de cada situación.
- Teniendo en cuenta lo observado en las anteriores actividades, clasifique los cuerpos considerados según floten o se hundan en el agua.
- ¿De qué características, propiedades o condiciones de los cuerpos depende el hecho que ellos se hundan o floten en cierta cantidad de agua? Explique.
- Elija dos de los materiales identificados, uno que se hunda en agua y otro que flote en ella. Arroje en cierta cantidad de agua, trozos de diferente tamaño (y peso) de estos mismos materiales. ¿Qué sucede? Construya una representación de lo observado.
- Represente en un plano cartesiano el volumen respecto a la masa para varias cantidades de agua de la llave. Realice el mismo proceso para agua salada y para un cuerpo sólido. ¿Qué puede concluir a cerca de las gráficas?

1



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

“Educación compromiso de todos”

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

1 8 0 3



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



## ACTIVIDAD 2

### La caída de los cuerpos en diferentes medios. Fenómenos inspirados en las experiencias de Galileo.

Esta actividad tiene como propósito propiciar un espacio de reflexión a partir de un texto<sup>1</sup> de primera fuente cuya temática tiene relación con la flotabilidad de los cuerpos, que conlleve a la construcción de experimentos y a enriquecer explicaciones en torno al tema.

“SAGREDO. Muchas veces me he empeñado, con toda mi paciencia, en reducir al mismo peso [*peso específico*] del agua una bola de cera, que de por sí sola no se va al fondo, añadiéndole granos de arena, hasta que se mantuviese en suspensión en medio de aquella; pero nunca, por más solicitud que empleara, llegué a conseguirlo. Por ello yo no sé si podremos hallar otra substancia que, por naturaleza, sea en su gravedad [tendencia a caer] tan semejante al agua, que puesta en ésta pueda sostenerse a cualquier altura”.

De acuerdo a lo planteado por el personaje ¿qué entiendes por peso específico? ¿Cómo construir un cuerpo que se mantenga suspendido en medio del agua?

“SALVIATI. En esto, como en mil otras actividades, son algunos animales más diligentes que nosotros. En tu caso, los peces hubieran podido darte una lección, por ser tan peritos en esta habilidad, que a su propio arbitrio mantienen el equilibrio, no sólo en una clase de agua, sino también en las que difieren entre sí notablemente, ya por propia naturaleza, ya porque sobreviene una turbia, ya por saladura, cosas que llevan consigo grandes deferencias. Se equilibran, digo, tan exactamente que sin moverse un ápice, permanecen en quietud a cualquier profundidad. Esto, a mi parecer, lo consiguen, sirviéndose de un órgano que a tal efecto les ha dado la naturaleza; es decir, la vejiguilla [natatoria] que tienen en el cuerpo, y que por un meato angostísimo se les comunica con la boca, por la cual, a voluntad, o expulsan parte del aire, contenido en dicha vejiguilla, o subiendo a flor de agua, tragan más aire, haciéndose, con tal maña, más o menos pesados que el agua, y manteniendo el equilibrio a su placer”.

<sup>1</sup>Texto tomado de: Galilei, G. (1945). *Discorsi intorno a due nuove scienze*. San Román, J. (Traductor) (2003). Losada: Buenos Aires. Pp. 104 – 106.

2



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

“Educación compromiso de todos”

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3





UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



En este fragmento, propone Salviati, ejemplos de cómo los peces flotan a voluntad a varias profundidades en diferentes tipos de agua valiéndose de algunas estrategias. En la actualidad los submarinos utilizan un mecanismo que consiste en variar su peso gracias a un sistema de depósitos de lastre<sup>2</sup>, que pueden tener aire o agua. Con los depósitos llenos de aire el submarino tiene un peso específico menor que el del agua por eso flota, en cambio si se llenan de agua el submarino se hunde. ¿Cómo hacer para que un huevo, sin modificarlo, flote en agua? Explique y proponga una actividad en la que se pueda evidenciar tal situación.

“SAGREDO. Valiéndome yo de otro ardid, engañé a varios amigos, ante quienes me habíá jactado de conseguir un justo equilibrio entre aquella bola de cera y el agua. Eché en el fondo del vaso un poco de agua salada, y encima otra dulce; así pude mostrarles la bola parada en medio del agua, y volviendo siempre hacia el medio cuando se la empujaba hasta el fondo o se la subí a la superficie”.

Desarrolle el evento anterior ¿por qué la bola queda suspendida? Explique.

“SALVIATI. No carece de utilidad este experimento; porque tratando, en especial los médicos, de las diversas propiedades del agua, entre ellas principalmente de la mayor levedad [poco *peso específico*] o gravedad [mayor *peso específico*] de una sobre otra; con una bola semejante, equilibrada de modo que quede dudosa [*suspendida*], por así decirlo, entre descender y ascender en una misma agua, por mínima que sea la diferencia de peso entre dos aguas, si tal bola desciende en una, ascenderá en la otra, que sea más pesada. Y es tan exacto este experimento que será suficiente agregar dos granos de sal a seis libras de agua, para hacer salir del fondo a la superficie la misma bola que antes habíá descendido. En confirmación de la exactitud de esta experiencia, al mismo tiempo, como prueba clara de que el agua no ofrece resistencia a su división, te diré, además, que no sólo el hacerla más pesada [mayor *peso específico*],mezclándola con substancia más graves que ella, produce tan notable diferencia, sino también al calentarla o enfriarla un poco, produce el mismo efecto, y con tan sutil reacción (*operazione*), que cuatro gotas de otra agua un poco más caliente o un poco más fría, añadidas a las seis libras, harán que la bola ascienda o descienda: descenderá echándole la caliente, ascenderá agregándole la fría. Ya ves, por consiguiente, cómo se engañan esos filósofos que quieren poner en el agua alguna

<sup>2</sup> Peso adicional.



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

“Educación compromiso de todos”

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3





UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



viscosidad u otra adherencia de partes, que la hagan resistente a la división y penetrabilidad”. Proponga una reconstrucción de las situaciones planteadas por el personaje en este apartado y establezca conclusiones.

Apoyado en la lectura anterior, construya dos o tres situaciones diferentes en las que un cuerpo no flote ni se hunda en agua sino que quede suspendido en ella ¿Cómo proceder?

4



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

**“Educación compromiso de todos”**

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3



### ACTIVIDAD 3.

#### Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente.

Esta actividad tiene como propósito identificar algunas regularidades en asuntos de la flotabilidad de sólidos en diferentes líquidos, que permita describir algunos aspectos de la experiencia para posteriormente construir generalizaciones sobre el fenómeno de la flotación y su relación con el concepto de densidad.

En la enseñanza de las ciencias naturales y aún en nuestro diario vivir se da por sentado que cualquier sólido que flote en un medio lo hará en cualquier otro, aunque no se reflexione si flota de la misma forma. Por ejemplo, un prisma grande de madera “nazareno” flota en agua, pero ¿flotará de la misma forma en aceite o en alcohol?

En este sentido, dentro de los ejemplos “clásicos” utilizados para hablar de la flotación está el caso del hielo, el cual flota en agua y se hunde en alcohol. Describa tres ejemplos de situaciones en las que un mismo sólido flote en un líquido y se hunda en otro, y otras tres en las que flote más o menos en diferentes líquidos.

Considere un cubo grande de madera para ser dejado en agua, luego en alcohol y por último en aceite o agua salada.

- ¿El cubo de madera flota de la misma forma en los cuatro medios? ¿Qué tanto se hunde o emerge el cubo de madera en cada uno de los medios?
- ¿Qué similitudes y diferencias encuentra al realizar el procedimiento anterior con un sólido regular de otro material?
- ¿La parte del sólido que se hunde o emerge en cada uno de los líquidos puede servir para hablar del medio en el cual flota? ¿Qué información puede brindar?
- Se dispone de prismas de diferentes tamaños de un mismo tipo de madera para ser arrojados uno a uno en cierta cantidad de agua ¿qué regularidad encuentra respecto al volumen de agua desplazado en cada caso? Explique.
- Se desea ordenar tres medios de agua con sal utilizando como referencia un sólido pero, la condición para llevar a cabo esta experiencia es que la parte del sólido emergida en el primer medio corresponda al doble y al triple del mismo sólido en los medios dos y tres

5



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

“Educación compromiso de todos”

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3



- respectivamente. ¿Cómo garantizar la situación planteada? Represente e interprete la situación.
- ¿El hecho de que el sólido emerja el doble o el triple en la experiencia anterior, significa que los medios tienen el doble o el triple de peso específico?
  - Construya una tabla en cual pueda representar varios valores (tres) de la relación masa - volumen para al menos cuatro líquidos y/o sólidos. Puede utilizar los medios o cuerpos de las actividades anteriores. Explique los resultados obtenidos ¿Los números obtenidos para cada sustancia coinciden con las clasificaciones efectuadas según su flotación?
  - Represente, en un mismo plano cartesiano, el volumen respecto al peso para diferentes medios: agua azucarada, agua salada y alcohol e interprete la gráfica.
  - Actividad semipresencial:** dadas las cuatro representaciones siguientes, analice cada una y establezca regularidades. Adicionalmente, para la cuarta gráfica: ¿Qué sucede con el volumen si de los tres materiales tomamos igual cantidad de masa? ¿Cuales de estos materiales flotarían en agua y cuales se hundirían?

Tabla de volúmenes y pesos para agua, aceite y alcohol:

| Agua         |          | Aceite       |          | Alcohol      |          |
|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| volumen (ml) | Peso (g) | volumen (ml) | Peso (g) | volumen (ml) | Peso (g) |
| 0            | 0        | 0            | 0        | 0            | 0        |
| 5            | 5        | 5            | 4,60     | 5            | 3,95     |
| 10           | 10       | 10           | 9,20     | 10           | 7,90     |
| 15           | 15       | 15           | 13,80    | 15           | 11,85    |
| 20           | 20       | 20           | 18,40    | 20           | 15,80    |
| 25           | 25       | 25           | 23,00    | 25           | 19,75    |
| 30           | 30       | 30           | 27,60    | 30           | 23,70    |





UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803

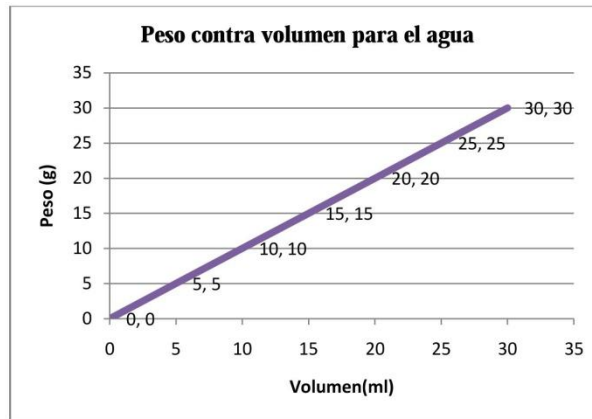
Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



*Grafica 1: peso contra volumen para el agua.*



7



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

**"Educación compromiso de todos"**

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3





UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803

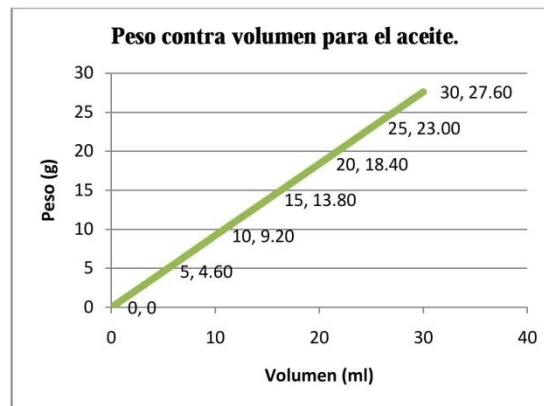
Facultad de Educación



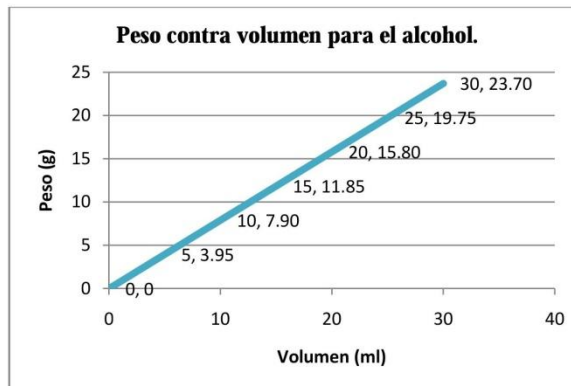
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



*Grafica 2: peso contra volumen para el aceite.*



*Grafica 3: peso contra volumen para el alcohol.*



8



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

**"Educación compromiso de todos"**

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803

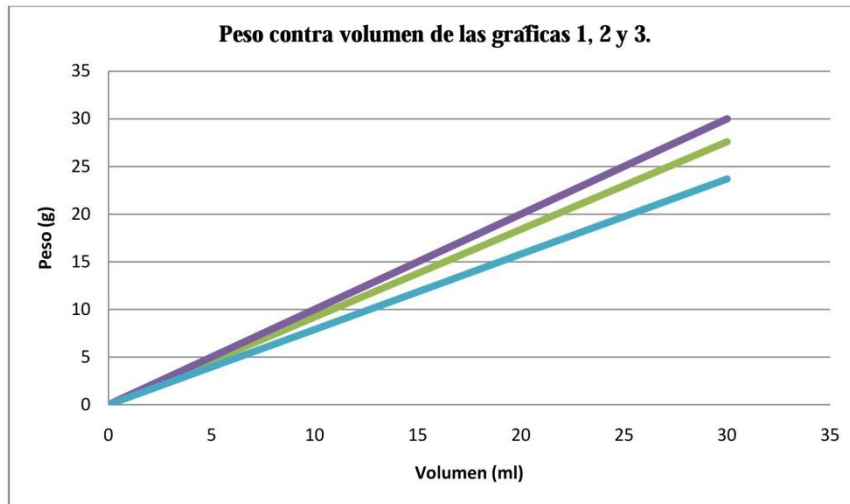
Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



Gráfica 4: peso contra volumen de las gráficas 1, 2 y 3.



9



Institución Educativa Rural Piedras Blancas

"Educación compromiso de todos"

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3



**ACTIVIDAD 4.**

**Diseño, construcción y calibración de un instrumento de medida: el areómetro.**

Esta actividad tiene como propósito identificar algunas regularidades en asuntos de la flotabilidad entre un sólido de referencia y varios líquidos, que permita describir algunos aspectos de la experiencia para posteriormente construir generalizaciones. Adicionalmente, se busca proponer el diseño, construcción y calibración de un instrumento de medida que contribuya a la organización y concreción del fenómeno en construcción.

En actividades anteriores se ha evidenciado que un cuerpo no flota de la misma manera en medios diferentes. Tal es el caso, por ejemplo, de tres recipientes identificados como a, b y c. Cada uno alberga en su interior un líquido diferente: agua azucarada (a), agua (b) y agua salada (c). En todos los medios se utiliza el mismo cuerpo, el cual flota de manera diferente. La situación anterior se representa en la siguiente figura 1.

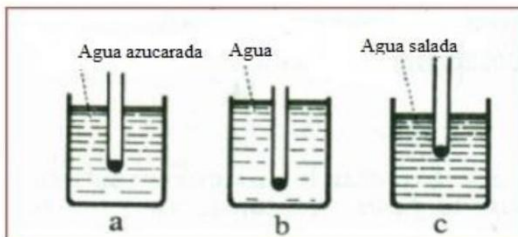


Figura 1: Flotación de un cuerpo en diferentes medios.

Esta situación puede retomarse para diseñar, construir y calibrar un instrumento de medida que contribuya a la organización y concreción del fenómeno de la flotabilidad.

Considere el diseño de un instrumento de medida que se presenta a continuación: un tubo delgado de plástico (columna), fijado herméticamente en su parte inferior por un tapón hueco a un tubo de ensayo plástico transparente, que actúa como bulbo. Al interior del tubo de ensayo se adicionan balines pequeños de metal o arena para controlar el peso y evitar la inclinación dándole estabilidad al instrumento (ver la figura siguiente).

10



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**  
"Educación compromiso de todos"  
Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007  
DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3  
Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

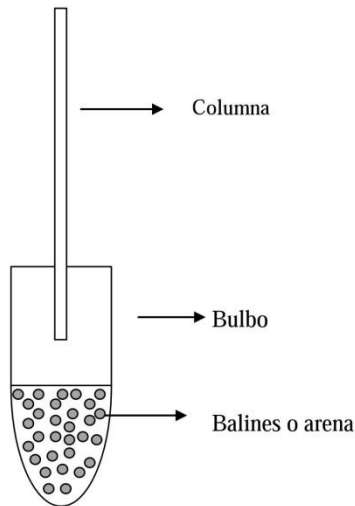


UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



Debido a la característica que tiene este instrumento de flotar de distintas maneras en diferentes medios como: agua salada, agua, aceite, alcohol, entre otros, puede utilizarse para comparar cierta propiedad de los medios de la cual depende el mayor o menor grado de flotabilidad de los cuerpos. ¿Qué propiedad considera que se puede comparar? ¿Por qué considera usted que un instrumento de esta clase sirve para comparar esta propiedad? Explique.

En la cocina de nuestras casas podemos encontrar sustancias como: agua, alcohol, aceite, agua salada, agua azucarada, leche líquida, entre otras. Proponga y realice un procedimiento que le permita comparar la flotabilidad de estas sustancias sin mezclarlas utilizando el instrumento de medida ¿En qué orden quedan las sustancias? ¿Qué criterios tuvo en cuenta para realizar el procedimiento y la ordenación?

11



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

"Educación compromiso de todos"

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3





UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



- Teniendo en cuenta lo observado en la anterior situación, clasifique los líquidos según floten o se hundan en el agua.
- Proponga una escala que le permita representar la ordenación de las sustancias líquidas.
- ¿De qué características, propiedades o condiciones de las sustancias depende el hecho que se hundan o floten en cierta cantidad de agua u otra sustancia?
- ¿A qué se debe la posición o lugar que ocupa cada sustancia si se establece una columna de flotabilidad? ¿Qué criterios tuvo en cuenta para construir la columna de flotabilidad? Explique.
- Proponga varios diseños para la construcción del instrumento de medida especificando los materiales a utilizar.

Para calibrar el instrumento se requiere de varios puntos de referencia ¿cómo conseguirlos sin conocer los valores teóricos? Una opción es la gráfica de masa versus volumen, en la cual según actividades anteriores, se puede representar una clase de sustancia con una línea. Si la línea tiene como pendiente 1 es agua ¿cómo calcular la pendiente de una recta?

Una vez conocidos los valores de peso específico para cada medio como se realizó en la actividad tres, se sumerge el instrumento en cada uno de los líquidos y donde quede sumergido se marca como peso específico del líquido, esta marca corresponde al valor numérico obtenido a través de la gráfica. Para realizar este proceso utilice los líquidos empleados en la actividad tres. ¿Qué criterios considera fundamentales para la calibración del instrumento? Explique.

12



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

"Educación compromiso de todos"

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES



#### ACTIVIDAD 5.

#### **Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida.**

Esta actividad tiene como propósito proponer criterios que permitan establecer la pureza de ciertas sustancias que se producen en la Vereda Piedras Blancas del Municipio de Guarne.

En la Vereda Piedras Blancas del Municipio de Guarne Departamento de Antioquia, se produce una gran cantidad de leche, la cual es utilizada para realizar diversos productos como: queso, cuajada, yogurt, kumis, entre otros. Adicionalmente, este producto es vendido puro a empresas como COLANTA, para la producción masiva de diferentes productos lácteos. En muchas ocasiones, se especula sobre la pureza de la leche que se produce y se vende en la Vereda, afirmando que existen ciertas prácticas en las cuales se adiciona agua a la leche para hacerla rendir. Haciendo uso del instrumento construido y calibrado en la actividad 4, determine los criterios que debe tener una leche para ser considerada pura. Para ello, considere el uso de leche líquida de diferentes marcas y leche fresca recién ordeñada.

Proponga una o varias sustancias propias de la región para determinar su peso específico a través del procedimiento anterior.

13



**Institución Educativa Rural Piedras Blancas**

**"Educación compromiso de todos"**

Aprobada por Resolución Departamental No. 7356 del 29 Marzo de 2007

DANE: 205318000183 / NIT. 811.025.102 - 3

Tel.: 551 05 28 Vereda Piedras Blancas. Guarne - Ant. / Colombia

I

1 8 0 3

### Anexo 3. Tabla de Enunciados.

Construcción de clasificaciones, ordenaciones e identificación de materiales

#### **Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 2. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Juan Pablo: flota. Húndalo hasta el fondo.

Vanessa y Manuella: flota [ambas responden de manera simultánea].

Juan Pablo: flota, se devuelve.

Manuella: bueno, aquí podemos poner esa situación.

Vanessa: entonces ponemos ahí el corcho... flota, ¿no?

Manuella: no sé...

#### **Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 2 y 3. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Vanessa: ¿eso es qué?

Manuella: esto es Balso, ¿cierto? Yo digo que se queda en la mitad. ¡Hay no! pero queda como... ¡hay mira!

Juliana: es que es muy grande [en la situación que enuncia la participante, el sólido a pesar de ser muy grande queda flotando en agua].

Juan Pablo: eso es metal.

Manuella: ¿estos?

Juan Pablo: esos dos.

Vanessa: no flota.

Juan pablo: ¡uh se hunde!, eso no.

Vanessa: no flota, se hunde.

Manuella: se hunde ahí mismo.

#### **Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 7 y 8. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Manuella: ¿cuál es el guayacán guajiro? [...] sí, ¿ese?

Juliana: nazareno [...].



Juan pablo: y... se hunde [Juan Pablo considera que el nazareno se hunde porque en su mayor parte queda por debajo de la superficie del agua]

Manuella: ¿cómo qué se hunde? Flota [Manuella se percata que el nazareno no se hunde, flota justo al nivel de la superficie].

Juan pablo: no todo.

Manuella: ese flotó; queda... ¿sabe cómo? ¿Cómo es qué se dice? queda suspendida.

Vanessa: ¿queda suspendido o flota?, flota.

Manuella: este flota. Casi todos flotan.

Juliana: queda suspendido. Ese sí flota.

Manuella: ve ese sí flota. ¿Ese cuál es?

Juan Pablo: este no.

Vanessa: métalo otra vez.

Juliana: se hunde.

Vanessa: metámoslo ahí para las clases y ya vamos clasificándolos.

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 12. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Juan Pablo: ... queda como suspendido allí, como...

Vanessa: queda más hundido, como ¿será que me hundo será que no?

Manuella: sí queda como...

Juliana: queda suspendido.

Vanessa: queda suspendido.

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 4. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Manuella: pero no cabe [Manuella se está refiriendo al hecho de que cuando se coloca un prisma grande de madera en un recipiente pequeño, o no cabe en el recipiente o el agua se riega. Entonces, para solucionar ese inconveniente Juan Pablo propone una alternativa].



Juan Pablo: claro. Le echamos agua y listo, más profundo.

Manuella: yo voy a regar algo. Espere que esta “ardiendo”, espere.

Juan Pablo: se hunde.

Vanessa: se hunde.

Juan Pablo: la piedra también se hunde.

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 4 y 5. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Manuella: ¡pero mira!, ahorita el plástico se hundió, y ¿la cuchara? [Manuella se percató de que la cuchara es de plástico y no se hundió como los otros cuerpos de plástico con los que habían trabajado en esta misma actividad] ¿Entonces la cuchara no es de plástico?

Juan Pablo: esa es una situación que no corresponde ¿por qué una parte del plástico se hunde y la otra no? espere, espere ¿por qué el plástico se hunde y el otro no?

Juliana: muy raro... porque esto es plástico y esto también, entonces ¿por qué uno se hunde y el otro no?

Juan Pablo: esa es la pregunta de los cinco millones, ¿por qué un plástico se hunde y el otro no?

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 9. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Manuella: ¿sí es el mismo material?

Juan Pablo: el dado ya se hundió [el dado al que se refiere Juan Pablo es de plástico].

Manuella: ¿este es el mismo material? Este no puede ser el mismo material porque este se hunde y el otro no.

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 10 y 11. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Vanessa: depende de la forma en que la haga, que la ponga, ¿sí me entiende...? [Vanessa trata de explicar que la cuchara puede flotar o hundirse en agua según la forma como se disponga en la superficie del agua].

Manuella: pero es qué... mire, ¿sí este es el mismo material que este, por qué con este no pasa lo mismo? Sí uno la pone así debería hundirse, pero no... se hunde.... sí este es el mismo

material... ¿por qué con este no pasa lo mismo?

Vanessa: pero mire que la cuchara... ¿por qué?

Juan Pablo: esas cucharas no son del mismo material de plástico.

Juliana: no pueden ser el mismo material.

Manuella: no pueden ser del mismo material.

Vanessa: entonces son materiales diferentes.

**Transcripción 21 de mayo de 2015; pág. 40. Plenaria actividad 3: Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente.**

Manuella: por ejemplo el agua salada hace que los cuerpos floten más.

Susana: o sea es como una “potencia”, como una “fuerza” que hace que flote más....

Yeison: nos puede brindar el peso específico del medio [a esta altura de la actividad 3 los participantes ya han construido la noción de peso específico. No obstante, más adelante se desarrollarán con más detalle interpretaciones respecto a esta propiedad].

Susana: que el peso específico del agua salada era mayor que el peso específico del cuerpo ya que el cuerpo emergió mucho.

Profesor: ¿sí es agua sin sal?

Yeison: que el agua es un poco más pesada que el cuerpo.

Profesor: ¿sí comparamos estas dos situaciones?

Susana: que el agua salada tiene más peso que el agua de la llave.

Construcción de explicaciones y uso de representaciones

**Transcripción 30 de abril de 2015; pág. 21 y 22. Plenaria 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Susana: [...] escogimos unos que se hundieran y otros que flotaran para hacer las gráficas de las dos formas. Queríamos demostrar que no toda la madera flota, entonces tendríamos que

hacer un ejemplo que nos diga que la madera no flota.

Profesor: ¿cómo graficaron?

Susana: yo hice [...], la vasija [el beaker] e hice una manito con el guayacán y como el guayacán al arrojarlo cae en la misma posición en la que fue arrojado. Entonces supuestamente, lo echamos y fue llegando en la misma posición hasta el final y no flotó se hundió.

Profesor: pero entonces, ¿describes varios momentos de cómo va cayendo?

Susana: sí... del nivel de cómo va cayendo [...] nosotros realizamos la gráfica y una explicación de lo que estaba sucediendo.

**Transcripción 21 de mayo de 2015; pág. 42. Plenaria actividad 3: Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente.**

Yeison: a mí me quedaron en el orden siguiente: primero va la sal [agua salada], pues abajo, después el azúcar [agua azucarada], después el aceite [de cocina] y luego el alcohol.

Mariana: sí.

Profesor: ¿es el mismo orden?

Todos: sí [responden de manera simultánea]

Yeison: el agua salada es más pesada [mayor peso específico] que los demás.

Susana: tiene un mayor peso específico.

Profesor: ¿cómo hago para darme cuenta de eso en la gráfica?

Susana: porque fue el que quedo como más elevado en la gráfica.

Manuella: o sea con más masa [peso por unidad de volumen].

Susana: aja [cierto].

Manuella: porque ahí..., por ejemplo cogemos el volumen igual para todos pero, la masa sí cambió, pues por ejemplo: en el alcohol la masa es 77 [gramos] y para el agua salada es 112 [gramos].

Susana: entonces cambia la masa.

Profesor: ¿para un mismo volumen?

Manuella y Susana: sí [responden de manera simultánea].

Susana: el volumen fue 100 [mililitros] y las masas fueron para el alcohol 77 [gramos] y para el agua salada 112[gramos].

Manuella: para un mismo volumen de 100 [mililitros] el que tiene más masa [peso por unidad

de volumen] es el agua salada, el que tiene menos masa [peso por unidad de volumen] es el alcohol.

Reflexión sobre el instrumento de medida como concreción del fenómeno, determinación de criterios para la calibración del instrumento de medida y construcción de equivalentes.

**Transcripción 28 de mayo de 2015; pág. 44 y 45. Plenaria actividad 4: Diseño y construcción del instrumento de medida.**

Susana: [se debe] a la relación que hay entre los dos [cuerpo y medio], [...] entre el peso específico del cuerpo y el peso específico del agua.

Profesor: ¿puedo utilizar esa relación para ordenar estas sustancias?

Todos: sí [responden al unísono].

Susana: por ejemplo el que emergió más, el que quedo como... [Menciona los criterios que utilizaría para realizar la ordenación de las sustancias].

Vanessa: ...en medio y el que menos emergió [Vanessa complementa el comentario de Susana], yo organizaría el agua salada de primera, el agua sola de segunda y el aceite ya de últimas.

Susana: en el que tiene mayor peso específico que el cuerpo.

Profesor: ¿podemos utilizar esta situación para diseñar y construir el instrumento?

Susana: sí, porque al final va a decir sí un cuerpo emerge más o emerge menos en una sustancia.

Profesor: sí flota más o menos ¿qué información brinda?

Susana: ah... que el peso específico de una sustancia es la relación entre el peso específico de un cuerpo o [que el peso específico] de una sustancia es mayor o menor.

Profesor: ¿qué propiedad de los medios se puede comparar con el instrumento?

Susana: por ejemplo comparamos el agua salada con el agua, pues cómo flota el cuerpo en ellas.

Vanessa: el peso específico de las sustancias.

Profesor: ¿cuáles sustancias?



Todos: agua salada, agua y aceite [responden de manera simultánea].

Profesor: ¿solo esos medios?

Angie: no..., alcohol, agua azucarada.

Vanessa: leche o agua azucarada.

**Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 47. Actividad 4 + Plenaria4: Diseño y construcción del instrumento de medida.**

Susana: ¿en qué orden quedan las sustancias?, entonces quedan..., de mayor a menor peso específico: de primero queda el agua salada, segundo agua azucarada, tercero agua, eh... después, aunque no queda representado en la columna pero queda de cuarto el aceite, y el alcohol tampoco queda representado pero queda de último.

Evelyn: si queda.

Susana: ¿cómo?

Manuella: sí queda, pero no se ve.

Susana: pero no quedan representados en la columna.

Evelyn: pero hay una flecha que indica que eso continúa.

Susana: aja [cierto].

**Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 47 y 48. Actividad 4 + Plenaria4: Diseño y construcción del instrumento de medida.**

Vanessa: [...] nosotros tenemos una escala en la columna plástica, lo que necesitamos es que el bulbo nos quede por debajo del líquido para poder mirar el peso específico que tiene los balines y la arena [Vanessa se refiere al instrumento de medida].

Todos: no [responden de manera simultánea].

Susana: no, es el peso específico de la sustancia en la que está el cuerpo [el instrumento de medida].

Profesor: ¿sí el bulbo no se sumerge por completo cómo hago para comparar el peso específico de las sustancias?

Susana: no se puede, porque la sustancia debe quedar en alguna posición en la columna [en la escala de medida] y en la posición que quede sería el peso específico, entonces sí

el cuerpo [el bulbo] no queda totalmente sumergido en la sustancia no podríamos saber el peso específico de la sustancia.

Construcción de la noción de peso específico, formalización de regularidades e interacción dialógica.

**Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 51 y 52. Actividad 4: Diseño y construcción del instrumento de medida.**

Manuella: del peso específico de un cuerpo y del medio y también de las condiciones.

Evelyn: de los pesos específicos y de sus condiciones.

Profesor: ¿cuando se refieren a condiciones es qué?

Susana: pues como para sacar una conclusión en esto: bueno, entonces: depende del peso específico del cuerpo, del medio y de las condiciones en las que se lleva a cabo el experimento.

**Transcripción 03 de junio de 2015; pág. 54. Actividad 4: Diseño y construcción del instrumento de medida.**

Manuella: yo voy a decir algo que es como la base de todo ¿qué es el peso específico? Es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo o de la sustancia.

Profesor: ¿con qué propiedad podemos conectar el peso específico?

Vanessa: densidad ¿no...?

Profesor: ¿qué es densidad y el peso específico?

Susana: la relación entre la masa y el volumen.

Yeison: de un cuerpo o una sustancia [complementa la definición de densidad y peso específico de Susana].

Manuella: ¿decir pendiente es una forma de decir peso específico? [La pendiente de una recta].

Vanessa: entonces sí se podría densidad.

Profesor: ¿por qué ven importante conectar densidad con el peso específico y la flotabilidad?

Vanessa: porque esas tres cosas reúnen lo que es masa y volumen del medio y del cuerpo.

**Transcripción 05 de junio de 2015; pág. 59 y 60. Actividad 5 + Plenaria 5: Determinación de criterios de pureza para ciertas sustancias respecto a su peso específico a través del instrumento de medida.**

Manuella: yo diría que disminuye [busca anticiparse, el peso específico de la leche con agua es menor que la leche pura].

Profesor: ¿qué sucedió? [Al realizar el experimento].

Yeison: disminuyo.

Todos: disminuyo [responden simultáneamente].

Profesor: ¿qué explicación podemos dar a este evento?

Manuella: pero entonces la pregunta sería ¿por qué si la Auralac y la Colanta se supone que tienen agua por qué tienen mayor peso específico? [Esta aclaración en la pregunta que hace Manuella se deriva de los resultados obtenidos del cálculo de los pesos específicos para tres tipos de leche: Auralac, Colanta y la recién ordeñada; obteniendo el menor valor de peso específico la recién ordeñada].

Susana: está en el medio de las dos [el peso específico de la leche con agua se ubica entre el del agua y la leche].

Manuella: [el peso específico de la leche con agua] porque no puede ser más liviana que el agua porque tiene leche y no puede ser más pesada que la leche porque tiene agua, entonces quedaría como en ese espacio [entre la leche y el agua].

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 2. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Juan Pablo: flota. Húndalo hasta el fondo [el corcho].

Vanessa y Manuella: flota [responden de manera simultánea y buscan anticiparse al resultado].

Juan Pablo: flota, se devuelve [busca anticiparse al resultado].

Manuella: bueno, aquí podemos poner esa situación.

Vanessa: entonces ponemos ahí el corcho flota ¿no?

Manuella: yo no sé Vanessa, usted tiene que trabajar con sus propios materiales porque es un apunte individual.

Vanessa: por eso, pero eso que están haciendo...

Manuella: no sé...

Vanessa: ¿eso es qué?

Manuella: esto es Balso.

**Transcripción 27 de abril de 2015; pág. 4. Sesión 1. Actividad 1: Flota o se hunde.**

Manuella: pero no cabe [Manuella se está refiriendo al hecho de que cuando se coloca un prisma grande de madera en un recipiente pequeño, o no cabe en el recipiente o el agua se riega. Entonces, para solucionar esa situación Juan Pablo propone una alternativa].

Juan Pablo: claro. Le echamos agua y listo más profundo.

Manuella: yo voy a regar algo. Espere que esta “ardiendo”, espere.

Juan Pablo: se hunde.

Vanessa: se hunde.

Juan Pablo: la piedra también se hunde.

**Transcripción 04 de mayo de 2015; pág. 25. Actividad 1: Flota o se hunde, literal f.**

Angie: ¿cuál es el volumen de cada cuerpo de madera? [Angie no entiende el procedimiento que sus pares están utilizando para determinar el volumen del cuerpo de madera, de ahí que plantee dicha pregunta].

Juan Pablo: el agua ¿cierto?, cuando le agregamos el trozo de madera [al recipiente con agua] el agua aumenta [el volumen de agua], ese es el volumen [el que aumentó de agua], lo que dio cuando le echamos el trozo de madera.

Susana: entonces... ¿no se tiene que restar? Mi punto de vista es, cuando arrojamos el cuerpo lo que aumentó se lo restamos a lo que había de agua normal. Supongamos que estaba en 180[ml, el volumen de agua contenido en el recipiente] y le echamos el cuerpo y aumento a 184[ml, el volumen de agua más el cuerpo], luego le restamos a 184 [ml] los 180 [ml] y lo que nos quede ese es el volumen de la madera.

Angie: ¿entonces es 4[ml]?

Profesor: ¿qué entendió Angie?

Angie: el agua en la probeta y que metíamos eso acá [el cuerpo] y que lo que aumentaba lo restábamos con lo que había en la probeta y ese es el volumen de la madera.





**Transcripción 21 de mayo de 2015; pág. 40. Plenaria actividad 3: Establecimiento de comparaciones a partir de un sólido como referente.**

Susana: sí, porque teníamos la misma cantidad del líquido, el mismo tamaño de los cuerpos y en cada uno floto de manera diferente, entonces eso se da por el medio ¿cierto qué eso se daba por el medio?

Manuella: el cuerpo y el medio tienen su propio peso específico independientemente, [...] un cuerpo se hunde en alcohol y en agua flota, entonces si fuera el medio ¿por qué el otro cuerpo sí flota en alcohol?, entonces ahí tienen que ver los dos. [...] si cogemos por ejemplo el balso ¿por qué flota en el alcohol si se supone que era cuestión del medio?, entonces tiene que ver también el cuerpo.

Susana: entonces, [...] dependiendo por ejemplo, de qué cuerpos se vayan a arrojar al líquido, lo que acabo de decir ella [Manuella]. Por ejemplo en la del nazareno ahí yo digo que es por el líquido, tiene algo de lógica.

Manuella: yo ya sé cómo explicarlo, cada medio tiene un peso específico y cada cuerpo tiene otro, entonces pongamos que el nazareno se hunde en el alcohol porque es más pesado que...

Susana: más pesado que el medio [Susana le complementa la oración a Manuella].

Manuella: aja [cierto], en cambio el balso es más liviano [que el medio], entonces tiene que ver los dos [cuerpo y medio] por el peso específico de cada uno.

Susana: ya entendí.

**Anexo 4. Certificados de Participación en Eventos.**

- i. XIV Jornadas y II Congreso Internacional Investigar en Educación y Educar en investigación. Avances y perspectivas.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

- ii. Tercer Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.



Somos apoyo para llegar a ser gente,  
gente de bien y profesionalmente capaz

## LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA

HACE CONSTAR QUE:

### **Jaime Antonio Quinto Moya**

Participó en el Tercer Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, llevado a cabo los días 03 y 04 de septiembre de 2015 en la ciudad de Pereira, con la Ponencia titulada:

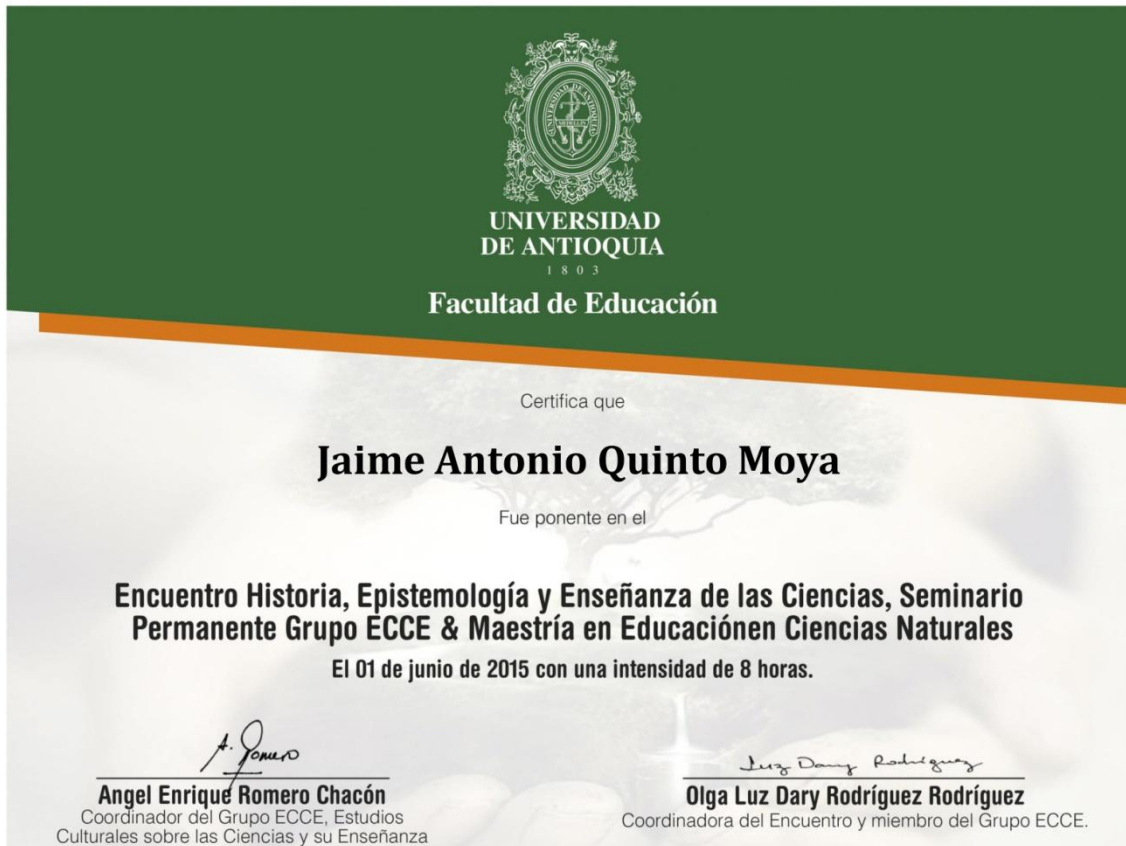
**La historia de la ciencia, en la búsqueda de un interlocutor: El caso de la densidad de los cuerpos.**




**JUAN LUIS ARIAS VARGAS**  
Decano Fac. Ciencias Básicas e Ingeniería

Av. de las Américas No. 49 - 95 PBX (57) (6) 312 4000  
Fax (57) (6) 312 7613 - A.A. 2435 [www.ucp.edu.co](http://www.ucp.edu.co)  
Pereira - Risaralda

iii. Encuentro Historia, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias.



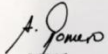
  
UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803  
Facultad de Educación

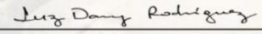
Certifica que

**Jaime Antonio Quinto Moya**

Fue ponente en el

**Encuentro Historia, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias, Seminario  
Permanente Grupo ECCE & Maestría en Educaciónen Ciencias Naturales**  
El 01 de junio de 2015 con una intensidad de 8 horas.

  
**Angel Enrique Romero Chacón**  
Coordinador del Grupo ECCE, Estudios  
Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza

  
**Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez**  
Coordinadora del Encuentro y miembro del Grupo ECCE.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803



iv. Quinto Encuentro de Investigación Escolar.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3