

DESARROLLO DE LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES
SOBRE EL FENOMENO DE LA FLOTACION DE LOS CUERPOS

HAROLD CORREDOR CÁRDENAS
RAUL ANTONIO REYES ALVARADO

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FISICA
MAESTRIA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.

2013

DESARROLLO DE LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES
SOBRE EL FENOMENO DE LA FLOTACION DE LOS CUERPOS

HAROLD CORREDOR CÁRDENAS
RAUL ANTONIO REYES ALVARADO

Asesora: MARIA CRISTINA CIFUENTES

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FISICA
MAESTRIA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2013

Dedicatoria

A mi esposa Ana Judith “la princesa” y a mis hijas: Judith Andrea, Vivian Lorena, Juliana Alejandra y Diana Gabriela, quienes son mi fuente de inspiración y la razón de mi vida

Raúl Antonio Reyes Alvarado

Dedicatoria

A mi madre Ivón Cárdenas, a mi padre Denzi Corredor a mis hermanos Gina y Alex y a mi sobrina Dana Isabella Rojas Corredor

Harold Corredor Cárdenas

Agradecimientos:

Agradezco a Dios representado en cada uno de los seres maravillosos que rodean mi vida y que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este proyecto como lo son: mi esposa Ana Judith, mis hijas: Judith Andrea, Vivian Lorena, Juliana Alejandra y Diana Gabriela por su acompañamiento y paciencia, mis padres Pascual y Benicia por darme la vida, mis estudiantes de 1002 del 2012 por hacer posible la implementación del trabajo, mi compañero Harold por hacer parte de este trabajo, mi directora de tesis Cristina Cifuentes por sus aportes y su apoyo, mis profesores de la maestría: Steiner Valencia, Rosita Pedreros, Margarita Martínez, David Sánchez, Erika Ariza, Francisco Malagón, Sandra Sandoval y Manuel Erazo por sus aportes en mi formación docente.

Raúl Antonio Reyes Alvarado

Agradecimientos

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, por estar conmigo en las situaciones de alegría y de dolor, por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita gracia, bondad y amor. A mi madre Ivón , mi padre Denzi por haberme apoyado en todo momento, por sus buenos consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. a mis hermanos Gina , Alexander, a mi compañero Raúl, a mi profesora asesora de tesis Cristina Cifuentes por sus valiosos aportes, gran apoyo en todo momento, a mis profesores de maestría: Steiner Valencia, Rosita Pedreros, Margarita Martínez, David Sánchez, Erika Ariza, Francisco Malagón, Sandra Sandoval y Manuel Erazo por sus aportes en mi formación docente y a todos los que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias de todo corazón!

Harold Corredor Cárdenas

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Desarrollo de las explicaciones de los estudiantes sobre el fenómeno de flotación
Autor(es)	CORREDOR CARDENAS, Harold y REYES ALVARADO, Raul Antonio
Director	CIFUENTES, Cristina
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional 2013, 120 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Educación en Ciencias, flotación, explicaciones, propuesta de aula

2. Descripción
En este trabajo presentamos el proceso de diseño de una propuesta de aula y su evaluación en relación a la incidencia que tuvo la misma en el desarrollo de las explicaciones de los adolescentes de grado décimo de los colegios Class Roma y Vista Bella IED de Bogotá D.C., sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos.

3. Fuentes
Consultamos 76 fuentes bibliográficas dentro de las que tenemos:
Abbagnano, N, & Visalberghi, A. (1964). Historia de la pedagogía. Fondo de cultura económica, S.A. México D.F. Fondo de cultura económica, sucursal en España, vía de los poblados. Madrid.
Alurralde, E., & Salinas, J. (2006). Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en Física: Aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología UNT. 2.
Barral, F. M, (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan?, Concepciones de los estudiantes, Investigación y experiencias didácticas. Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentales. Santiago de Compostela.
Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. Ciencias y Educación. v.7, n.1. p.85-94.
Díaz, A., & Hernández, F., & Hernández, G. (1998). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. México, Ed. Mc. Graw Hill.
Eder, M, L. & Adúriz, A. (2008). Explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: aproximaciones epistemológica y didáctica, estudios de educación en Latinoamérica. 4(2): 101 - 133, Manizales.
Feixas, J. (2012). Aprender ciencias en educación primaria. Grao. Barcelona. 1 edición.
Hempel, C. (1988). La Lógica de la Explicación. pp. 247-253. La Explicación Científica. Editorial Paidós. Barcelona.
Nagel, E. (1981). La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica. Paidos (Studio/básica), Barcelona.
Piaget, J. (1968). Seis estudios de psicología. Barcelona, Seis Barral, 2° edición.

4. Contenidos

El documento inicia con una recopilación de antecedentes alusivos a investigaciones sobre los aciertos e inconsistencias de los estudiantes al expresar ideas sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos junto con estudios asociados a las actividades hechas en un aula que pueden favorecer el aprendizaje del fenómeno de la flotación. Posteriormente aparecen explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos realizadas por pensadores conocidos de la historia de la época Helenística y renacentista. Posteriormente se hace un análisis detallado de lo que son las explicaciones, con una clasificación respectiva designada por autores como Carnap, Nagel, Hempel, Popper, entre otros. También denotamos la importancia de la metodología de investigación utilizada en el desarrollo de la didáctica de explicaciones sobre la flotación; es decir la investigación basada en diseño, con su definición y características. Especificamos sobre las actividades de la propuesta de aula aplicada con los estudiantes de grado décimo de los colegios Class y Vista Bella de Bogotá, donde aparecen los pasos tenidos en cuenta en el desarrollo de cada sesión. Efectuamos la sistematización de información recopilada respectiva a los momentos de implementación de la propuesta de aula, de las seis sesiones de trabajo. En el análisis de resultados hacemos la recopilación de los aportes suministrados por nuestros estudiantes y la evolución de las explicaciones de los jóvenes desarrolladas en cada etapa de las seis sesiones de trabajo.

5. Metodología

La metodología de investigación utilizada, es la investigación basada en diseño, la cual mantiene una fuerte relación con el estudio de la enseñanza de las ciencias, buscando el mejoramiento de la calidad en la enseñanza, presentando como base el diseño de una propuesta de aula y su correspondiente aplicación en el aula. Caracterizándose por la flexibilidad en el rediseño de actividades según necesidades de los estudiantes. Además de tener aspectos como: diversidad en el uso de fuentes de información, posibilidad de uso de experiencias de primera y segunda mano, el uso de información tanto cuantitativa como cualitativa, entre otras grandes ventajas sobre otras metodologías de investigación.

6. Conclusiones

Los estudiantes que participaron en la propuesta de aula mostraron un progreso en la profundidad de sus explicaciones, las cuales se fueron acercando a las explicaciones de carácter científico. En la implementación de la didáctica se utilizó gran diversidad de agentes que contribuyeron al desarrollo de explicaciones de los estudiantes, tales como: el conocimiento de explicaciones iniciales de los estudiantes para el rediseño de actividades, formulación de preguntas orientadoras hacia la generación de explicaciones, el trabajo intergrupo e intragrupo por parte de los estudiantes y el acceso por parte de los estudiantes tanto a experiencias de primera como de segunda mano.

Elaborado por:	CORREDOR CARDENAS, Harold y REYES ALVARADO, Raul Antonio.
Revisado por:	CIFUENTES, Cristina

Fecha de elaboración del Resumen:	10	12	2013
--	----	----	------

CONTENIDO

CONTENIDO.....	ix
INTRODUCCION	12
1 PROBLEMA DE INVESTIGACION	15
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	15
1.1.1 ESTUDIOS SOBRE LAS IDEAS PREVIAS DE LOS NIÑOS Y NIÑAS SOBRE EL FENÓMENO DE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS.	15
1.1.2 ESTUDIOS SOBRE ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA EL CAMBIO Y/O ENRIQUECIMIENTO DE LAS IDEAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE EL FENÓMENO DE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.4 OBJETIVOS.....	23
2 EXPLICACIONES CIENTÍFICAS SOBRE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS: DE ARISTÓTELES A GALILEO	24
2.1 APORTE ARISTOTÉLICO	24
2.2 APORTES DE ARQUÍMEDES	25
2.3 APORTES DE STEVIN	28
2.4 APORTES DE BEECKMAN Y DESCARTES.....	30
2.5 APORTES DE GALILEO.....	32
3 EXPLICACIONES	36
3.1 ¿CÓMO CONSTRUYEN EXPLICACIONES LAS COMUNIDADES CIENTÍFICAS?	37
3.2 EXPLICACIONES PARA EDUCACIÓN EN CIENCIAS	43
3.2.1 EL PAPEL DEL MAESTRO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES	44
3.2.2 EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES: HABILIDADES DEL PENSAMIENTO.....	46
4 METODOLOGIA DE INVESTIGACION.....	51
4.1 LA INVESTIGACIÓN BASADA EN DISEÑO.....	51
4.2 DESCRIPCIÓN DE NUESTRA INVESTIGACIÓN	53

5	PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA: ENRIQUECIMIENTO DE EXPLICACIONES SOBRE EL FENÓMENO DE FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS.	56
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA	63
6	ANÁLISIS Y RESULTADOS	70
6.1	EXPLICACIONES INICIALES Y SU EVOLUCIÓN	70
6.1.1	EXPLICACIONES INICIALES	70
	CASO COLEGIO VISTA BELLA	71
	CASO COLEGIO CLASS ROMA	72
6.1.2	EVOLUCIÓN DE LAS EXPLICACIONES	72
	CASO COLEGIO CLASS ROMA	73
	CASO COLEGIO VISTA BELLA	81
6.2	LOS GRUPOS COMO ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DE EXPLICACIONES	89
6.3	EL EXPERIMENTO Y CONSULTA DE FUENTES DE INFORMACIÓN COMO HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE	91
6.3.1	INVESTIGACIONES DE PRIMERA MANO	91
6.3.2	INVESTIGACIONES DE SEGUNDA MANO	92
6.4	MEDIOS Y FUENTES PARA CONOCER LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES	93
6.4.1	LENGUAJE Y COMUNICACIÓN	93
6.4.2	DIBUJOS	95
6.5	DESARROLLO DE PREGUNTAS	99
7.	CONCLUSIONES	100
8.	BIBLIOGRAFIA	104
	ANEXO II Trabajo final de la estudiante Lina María Bolivar	116
	ANEXO III Trabajo final de la estudiante Ambar Yisel Arias	119
	ANEXOS	100

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I Trabajo final de la estudiante Angie Geraldine Carreño

ANEXO II Trabajo final de la estudiante Lina María Bolívar

ANEXO III Trabajo final de la estudiante Ambar Yisel Arias

INTRODUCCION

Este documento contiene la memoria de una investigación que adelantamos, en el marco de nuestros estudios de Maestría en Docencia de las Ciencias, con el fin ayudar a los estudiantes de grado décimo, de los colegios CLASS y VISTA BELLA IED de la ciudad de Bogotá D.C., a construir, re-construir, enriquecer, transformar, cambiar, mutar, en una sola palabra desarrollar, sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos, durante su participación en una propuesta de aula que se fundamentó en los siguientes principios: a) Reconocer las explicaciones previas de los estudiantes sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos, b) Dar oportunidad a los estudiantes para tener experiencias sensibles con, y de reflexión sobre, el fenómeno de la flotación de los cuerpos (investigaciones de primera mano), c) Propiciar espacios para que los estudiantes consultaran diferentes fuentes de información documental sobre dicho fenómeno (investigaciones de segunda mano), y d) Estimular la construcción social de las explicaciones promoviendo escenarios para que los estudiantes compartieran y reflexionaran sobre sus explicaciones con sus compañeros y con el docente.

En términos generales la forma en que componemos esta memoria se ajusta –en la medida de lo posible– a las formas canónicas para la presentación de informes de investigación, de allí que en el presente documento reseñamos la bibliografía más representativa en el campo de estudio, describimos las líneas que han seguido la investigación en dicho campo y los métodos que empleamos para diseñar y orientar la investigación, y resumimos los resultados a la luz del marco de referencia.

Concretamente esta memoria está dividida en cinco partes principales. La primera corresponde al capítulo 1. En ella planteamos *el problema de investigación*. Para tal fin, en primer lugar, introducimos los antecedentes que dan origen a dicho problema; en segundo lugar, formulamos el problema y las preguntas de investigación, tanto la principal como las auxiliares; y en tercer lugar, delineamos los objetivos de la investigación. Cabe notar que para construir los antecedentes revisamos, principalmente, las investigaciones sobre las ideas previas de niños y/o jóvenes asociadas al fenómeno de la flotación de los cuerpos, y las investigaciones sobre las dificultades que suelen experimentar, tanto los niños como lo jóvenes, para comprender la ideas científicas asociadas a dicho fenómeno, particularmente aquellas que se erigen en los conceptos empuje, peso y densidad. Adicionalmente, revisamos algunas propuestas didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de las explicaciones que las comunidades científicas han elaborado para el fenómeno de la flotación, en la medida que dichas propuestas corresponden a un punto de partida

para la elaboración de nuestra propia propuesta de aula. Hemos de aclarar que aunque dichas propuestas iluminaron nuestro diseño no perdimos de vista que dicho diseño debía atender las necesidades específicas de nuestros estudiantes marcadas por su contexto (situacional, cultural, histórico, económico, etc.)

En la parte II construimos el *marco de referencia de esta investigación*. Esta parte está formada por los capítulos 2 y 3. En el capítulo 2 presentamos una visión general de algunas de las principales explicaciones científicas dadas al fenómeno de la flotación, deteniéndonos en las propuestas de algunos pensadores, tales como: Aristóteles, Arquímedes, Stevin, Beeckman, Descartes, y Galileo. Para dicha presentación valoramos el papel que desempeñaron las explicaciones de cada uno de estos pensadores en el desarrollo de la mecánica, deteniéndonos en: a) los pensamientos compartidos entre Stevin y Aristóteles, y entre Descartes, Beeckman y Platón (la corriente atomista Helénica), así como el pensamiento independiente de Galileo, c) el pensamiento sistemático-matemático de Stevin, y d) los aspectos fenomenológicos de Beeckman, Descartes y Galileo. En el capítulo 3 reseñamos algunas reflexiones sobre las explicaciones tanto en el contexto científico, como en el contexto científico escolar, puesto que consideramos que la construcción de explicaciones se constituye en una de las tareas fundamentales para las comunidades científicas, y, en consecuencia, aprender ciencia pasa, inevitablemente, por aprender a construir explicaciones sobre los fenómenos naturales.

En la parte III, formada por el capítulo 4, exponemos la *metodología* que utilizamos para diseñar y desarrollar esta investigación: *la investigación basada en diseño*. Para ello, en un primer momento, planteamos algunas reflexiones sobre qué son las investigaciones basadas en diseños, e inmediatamente después, detallamos la forma en que desarrollamos esta investigación atendiendo a los presupuestos de dicha metodología.

En la parte IV, *presentamos y discutimos los resultados de esta investigación*. Esta parte corresponde a los capítulos del 5 al 6. En el capítulo 5 describimos la propuesta de aula que desarrollamos con el fin de ayudar a los estudiantes a desarrollar sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos. En el capítulo 6 presentamos el análisis de la información documental recolectada en el campo, a saber: a) las notas de campo de los investigadores-profesores, b) las video grabaciones realizadas a las diferentes clases de la propuesta de aula, y c) las producciones escritas y gráficas de los estudiantes, a fin de extraer algunas conclusiones sobre las explicaciones que construyeron nuestros estudiantes sobre flotación de los cuerpos, durante su participación en las diferentes actividades planificadas de la propuesta de aula. Este análisis fue muy importante para nuestra investigación ya que nos permitió conocer el grado de “éxito”, si así se le puede

llamar, de la implementación de dicha unidad, a partir del cual construimos las conclusiones que presentamos en el capítulo 7.

Al final asociamos anexos importantes para la planeación, ejecución y sistematización de la didáctica. En los anexos I, II, y III presentamos los trabajos realizados por tres estudiantes como muestras de fuentes de información para su análisis.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACION

En este primer capítulo se presenta y discute el problema de investigación que orientó el desarrollo de esta tesis, que en general consiste en ayudar a los estudiantes a desarrollar sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación. Para ello, en un primer momento, exponemos los antecedentes que dan origen al problema de investigación (sección 1.1), inmediatamente después planteamos el problema (sección 1.2), luego la justificación (sección 1.3) y finalmente los objetivos de la investigación (sección 1.4).

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Dado que nuestro objeto de investigación hace referencia a cómo estimular el desarrollo de las explicaciones de los niños y niñas sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos, en este apartado nos disponemos a presentar una breve revisión de la literatura sobre la enseñanza y el aprendizaje de dicho fenómeno.

Para la presentación de los resultados más representativos de esta literatura diferenciaremos entre los trabajos que se han enfocado en la exploración de las ideas previas de los estudiantes, y los que lo han hecho en el desarrollo de estrategias de enseñanza para la promoción del cambio y/o el enriquecimiento de dichas ideas.

1.1.1 ESTUDIOS SOBRE LAS IDEAS PREVIAS DE LOS NIÑOS Y NIÑAS SOBRE EL FENÓMENO DE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS.

En la revisión de la literatura sobre las investigaciones en educación en ciencias identificamos un grupo de estudio que, cercano a nuestro interés investigativo, se han preocupado por caracterizar las diversas ideas que los estudiantes traen consigo, a las clases, en relación al fenómeno de la flotación de los cuerpos (Biddulph y Osborne, 1984; Barral, 1990; Fernández, 1985; Mazitelli, Maturana, Nuñez y Pereira, 2005, 2006; Hardy, Jonen, Moller y Stern 2006).

En dichas investigaciones es posible identificar algunos estudios que documentan las ideas que las personas (niños, adolescentes y adultos) asocian al término “flotar” (Barral, 1990; Biddulph y Osborne, 1984). Estos trabajos coinciden en señalar que, en términos generales, la mayoría de las personas asocian dicho término a la idea de “estar sobre” la superficie del agua y/o parcialmente sumergido en ella.

Adicionalmente, estas investigaciones también encuentran que es muy común que las personas no asocien dicho término con la idea de “estar sumergido” bajo la superficie del agua. Este último hallazgo es significativo ya que, en las ciencias físicas, el término flotación se utiliza para hablar de cuerpos que están suspendidos sobre un fluido, bien sea que estén totalmente sumergidos, parcialmente sumergidos o sobre la superficie del agua.

En dichas investigaciones, también es posible identificar algunos estudios que documentan las explicaciones que las personas (niños, adolescentes y adultos) dan al “por qué un cuerpo flota” (Biddulph y Osborne, 1984; Fernández, 1985; Mazitelli y otros 2005, 2006; Hardy, 2006). (Mazitelli y otros 2006; Hardy 2006) señalan que muchas de las explicaciones elaboradas por los estudiantes de secundaria que participaron en sus estudios, se basaron, principalmente, en su concepto de peso de un cuerpo: para dichos estudiantes si un cuerpo pesado se colocaba sobre la superficie de un fluido éste tendía a hundirse, mientras que si un cuerpo ligero se colocaba sobre la superficie de un fluido éste tendía a flotar.

Adicionalmente, Mazitelli y otros (2006), al igual que Biddulph y Osborne (1984), también encontraron que, con frecuencia, los estudiantes suelen explicar el fenómeno de la flotación con base en el tamaño del cuerpo: algunos de los estudiantes que participaron en estos estudios coincidieron en señalar que los cuerpos voluminosos tendían a hundirse más fácilmente que los cuerpos de volumen pequeño. Se nos figura, así de momento, que este tipo de explicaciones está íntimamente relacionado con las explicaciones que hacen uso de la idea de peso, ya que muchos estudiantes suelen establecer una relación directa entre volumen y peso de un cuerpo: a mayor peso mayor volumen, y viceversa.

Fernández (1985), por su parte, concluyó que muchas de las explicaciones que construyeron los estudiantes de secundaria que participaron en su estudio, se basaron en el concepto científico de densidad del fluido: para dichos estudiantes si un cuerpo se colocaba sobre la superficie de un fluido muy denso éste tendía a flotar, mientras que si se colocaba sobre la superficie de un fluido poco denso tendía a hundirse.

Vemos que, en términos generales, la literatura nos señala diversas explicaciones que las personas construyen sobre el fenómeno de la flotación. Algunas de ellas suelen hacer referencia a propiedades del cuerpo, como en el caso de las explicaciones que se erigen sobre la idea de la masa o volumen, mientras que otras suelen hacer referencia a las propiedades del líquido, o fluido, como en el caso de las explicaciones que utilizan la idea de densidad. No obstante, se hace evidente que las personas suelen utilizar solamente una propiedad particular, bien sea del cuerpo

o del líquido, para explicar este fenómeno, a diferencia de las explicaciones científicas que acoplan tanto propiedades del cuerpo como propiedades del líquido.

Adicionalmente, vale la pena destacar que los estudios de Mazitelli et al. (2006), Hardy et al. (2006), revelan que en algunos casos los estudiantes suelen utilizar la idea del “aire como una fuerza activa” para construir explicaciones sobre el por qué flotan cuerpos que tienen cavidades: para algunos de los estudiantes que participaron en estos estudios los cuerpos que pueden almacenar gran cantidad de aire flotan mejor que los cuerpos que no pueden, porque el aire ejerce una fuerza hacia arriba que impide su hundimiento. En algunos casos esta misma idea es utilizada por los estudiantes para explicar la flotación de cuerpos que no tienen cavidades macroscópicamente visibles, en las cuales se pueda almacenar aire, pero que a su juicio tienen cavidades microscópicas que si pueden almacenar aire, y en consecuencia ayudar al cuerpo a flotar. Esta explicación –quizás– guarda relación con las experiencias biográficas de los niños, adolescentes y adultos con flotadores en las piscinas.

La mayoría de los estudios que hemos reseñado (Creagh, 2008; Biddulph y Osborne, 1984; Barral, 1990) hicieron uso de dibujos como estrategia para identificar y caracterizar las ideas de las personas sobre el fenómeno de la flotación, aunque con diferentes matices. Biddulph y Osborne (1984), utilizaron dibujos previamente diseñados, sobre cuerpos que flotan parcial o totalmente, como herramienta para estimular a las personas para que de forma verbal o escrita expusieran sus ideas sobre la flotación, mientras que Barral (1990) y Creagh (2008) utilizaron los dibujos como estrategias para que las personas presentaran sus ideas sobre el fenómeno de la flotación. Cabe aclarar, que aunque Barral (1990) y Creagh (2008) utilizaron la misma estrategia, Creagh (2008) dio una mayor libertad a los participantes para desarrollar diferentes tipos de dibujos, mientras Barral (1990) limitó el tipo de dibujos a diagramas de bloques.

1.1.2 ESTUDIOS SOBRE ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA EL CAMBIO Y/O ENRIQUECIMIENTO DE LAS IDEAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE EL FENÓMENO DE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS

Consultando la literatura sobre las investigaciones en educación en ciencias también identificamos un pequeño grupo de estudios que, cercano a nuestro interés investigativo, se han preocupado por desarrollar estrategias de enseñanza-aprendizaje para el cambio y/o enriquecimiento de las ideas que los estudiantes tienen sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos en el contexto de la clase de ciencias (Woodruff y Meyer, 1997; Wagner, Cohen y Moyer, 2009; Fernández, 1985, 1987; Hardy, Jonen, Moller y Stern, 2009).

Fernández (1985) y Wagner et al. (2009), evaluaron si el uso de prácticas tradicionales de enseñanza contribuye para que los estudiantes aprendan los conceptos científicos básicos asociados al fenómeno de la flotación. Las prácticas tradicionales evaluadas por estos autores consisten - grosso modo- en una secuencia de enseñanza orientada -principalmente- a través de conferencias, sesiones de resolución de problemas tipo y prácticas experimentales. La evaluación de dicha secuencia permitió identificar, a estos autores, que al finalizar los cursos tradicionales la gran mayoría de sus estudiantes no llegaron a incorporar, ni relacionar, los conceptos y principios científicos a la hora de realizar explicaciones sobre la flotación de los cuerpos. Los estudiantes continuaron explicando dicho fenómeno -fundamentalmente- desde sus ideas previas, muchas de las cuales no se correspondían con las ideas científicas. En consecuencia, estos autores concluyeron que las ideas previas de sus estudiantes era difíciles de “*modificar*” a través de las prácticas tradicionales de enseñanza. Dicha conclusión los llevó a llamar la atención sobre la necesidad superar los modelos tradicionales de la enseñanza del principio de Arquímedes y de la flotación, y transitar hacia modelos que sean capaces de ayudar a los estudiantes a cuestionar las ideas previas que tienen sobre el fenómeno de la flotación. Más aún, si se tiene en cuenta que muchos maestros consideran que el principio de Arquímedes, como herramienta conceptual para explicar la flotación de los cuerpos, es más difícil de aprender, que, por ejemplo, el principio de Pascal o la ecuación de Bernoulli (Salleh y Abdullah, 2008)

Woodruff y Meyer (1997) estudiaron cómo una secuencia de enseñanza, fundada en el trabajo colaborativo, ayudó a sus estudiantes a desarrollar sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación. La secuencia de enseñanza propuesta por estos autores se estructuró a través de tres etapas: una primera, en la que los estudiantes exploraron el fenómeno de la flotación de los cuerpos a través de experiencias sensibles guiadas por preguntas orientadoras, y elaboraron explicaciones sobre dicho fenómeno; una segunda, en la que compartieron y discutieron dichas explicaciones con algunos otros compañeros de sus clases (intra-grupos), y, una tercera, en la que compartieron y discutieron las explicaciones consensuadas en los intra-grupos con toda la clase (inter-grupos). La evaluación de dicha secuencia permitió identificar, a los autores, que las explicaciones que construyeron sus estudiantes durante la primera fueron menos elaboradas que las explicaciones que construyeron en las otras dos etapas, y a su vez que las explicaciones que construyeron en la segunda etapa fueron menos elaboradas que las de la tercera etapa. En la primera etapa la mayoría de los estudiantes explicaron el fenómeno de la flotación en términos de alguna propiedad del cuerpo que flotaba, a saber: su pesadez, tamaño o forma. En la segunda etapa muchos estudiantes empezaron a reconocer que la flotación de un cuerpo no solamente dependía de sus propiedades, sino que también dependía del fluido en el que se sumergiera. En la tercera, y última

etapa, los diferentes grupos de estudiantes comenzaron a explicar la flotación relacionando tanto las propiedades del cuerpo que flotaba, como las propiedades del líquido en el que flotaba. Por tanto, los autores concluyen que el trabajo colaborativo de los estudiantes a nivel de intra-grupo e inter-grupo estimula –en gran medida- el desarrollo de explicaciones que las personas dan al fenómeno de la flotación. Claro que dicho desarrollo se da de manera diferenciada dentro de los estudiantes, en función de las experiencias biográficas previas de ellos y de las dinámicas propias establecidas en el intra-grupo.

Hardy et al. (2006) a través de un estudio comparativo evaluaron cómo una secuencia de enseñanza, fundada en un enfoque constructivista, ayudó a sus estudiantes a desarrollar sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación. La secuencia de enseñanza desarrollada por estos autores consistió en ofrecer a los estudiantes, del grupo experimental, oportunidades para que exploraran el fenómeno de la flotación de los cuerpos a través de experiencias sensibles guiadas por preguntas orientadoras. La implementación de dicha estrategia permitió a los autores identificar que los estudiantes del grupo experimental llegaron a construir explicaciones más elaboradas, que la que construyeron los estudiantes del grupo control, quienes tuvieron clases tradicionales. En conclusión, estos autores sostienen que los estudiantes pueden construir su propio conocimiento cuando se les hacen preguntas y se les proporciona material didáctico para que busquen la respuesta por medio de su uso.

Suat Unal (2008) documentó cómo el uso de actividades prácticas, aquellas en las que los estudiantes tienen que interactuar con situaciones concretas, estimuló el desarrollo de sus ideas previas sobre el fenómeno de la flotación. La secuencia de enseñanza desarrollada por estos autores se estructuró alrededor de actividades experimentales. Para construir, adaptar y/o seleccionar las actividades experimentales Suat Unal realizó un diagnóstico a fin de establecer las dificultades más recurrentes de sus estudiantes para el aprendizaje de las ideas científicas asociadas a la flotación de los cuerpos. Orientado por dicho diagnóstico propuso ocho actividades experimentales que se orientaron a identificar: a) El peso del objeto como causal de la flotación, b) Que el peso de un objeto no determina, necesariamente, si se hunde o flota, c) La relación que hay entre la densidad de los objetos y su flotabilidad, d) La relación que hay la entre densidad del fluido y su flotabilidad, e) La relación que hay entre el volumen del líquido desplazado por un cuerpo y su flotabilidad, f) El efecto de los agujeros en los objetos sumergidos en su flotabilidad, g) Que el tamaño de un cuerpo afecta la flotabilidad de los cuerpos y h) flotabilidad y efecto en la flotación.

Sirera (2005) evalúa cómo el uso de rincones de las ciencias permite a los estudiantes, al adoptar un papel como profesores, aprender los conceptos científicos

básicos asociados al fenómeno de la flotación. Estos rincones de la ciencia fueron espacios a través de los cuales los estudiantes de cursos superiores explicaron a sus compañeros de cursos inferiores el fenómeno de la flotación. La evaluación de la utilización de dichos rincones permitió a Sirera concluir que este tipo de estrategias posibilita el aprendizaje significativo, ya que, por una parte, los estudiantes tienen que comprometerse en investigaciones de primera y segunda mano, a fin de tener un dominio sobre el fenómeno que quieren explicar a sus compañeros, y por otra, porque se ven impelidos a socializar sus conocimientos durante sus interacciones con estudiantes de niveles académicos inferiores. Como recomendación este autor plantea que este tipo de actividades se deben desarrollar con mayor frecuencia.

Para concluir, nos gustaría señalar algunas de las lecciones que nos dejan estas investigaciones que nos son útiles para el desarrollo de nuestra propuesta de aula: a) que las didácticas basadas en métodos convencionales (exposiciones de docentes y uso exclusivo de libros de texto) no son propicias para generación del conocimiento científico escolar (Woodruff y Meyer, 1997; Salleh y Abdullah, 2008; Salleh y Abdullah, 2008); b) que las investigaciones de primera mano, y segunda mano, son una ruta alternativa para ayudar a los estudiantes a enriquecer sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos (Sirera 2005), y que dichas investigaciones deben ser orientadas a través de preguntas (Hardy et al. 2006); c) que el aprendizaje colaborativo propicia a los estudiantes enriquecer y complejizar sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos. (Woodruff y Meyer 1997; Wagner 2009).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La consulta de la literatura nos muestra que la flotación de los cuerpos es un fenómeno con el que las personas están familiarizadas desde pequeñas, del que tienen numerosas ideas. No obstante, en muchas ocasiones los maestros no tenemos en cuenta dichas ideas para orientar nuestros procesos de enseñanza-aprendizaje. Existen diversos motivos para ello, entre los que se destacan: a) la necesidad de destinar un mayor tiempo para el aprendizaje del fenómeno de la flotación, b) la exigencia al maestro de un mayor esfuerzo y paciencia; c) las constricciones institucionales; y d) las limitaciones de los maestros para hacer de su enseñanza una práctica reflexiva.

Esta revisión, adicionalmente, también nos sugiere que la enseñanza- aprendizaje de este fenómeno se ha reducido al aprendizaje de los conceptos científicos de empuje, la densidad y del principio de Arquímedes, dejando de lado la base empírica y explicativa que ha servido a las comunidades científicas para el desarrollo de dichas construcciones teóricas, y que son pocos los estudios dedicados al desarrollo

de unidades didácticas que hagan énfasis en la base empírica y explicativa sobre dicho fenómeno.

Finalmente, esta revisión revela que hay estudios que invitan a cambiar la concepción de trabajo en el aula con referencia a la flotación, aunque no plantean que tipo de concepción sería la más apropiada para el diseño de unidades didácticas sobre la flotación de los cuerpos, que adicionalmente atiendan a las características singulares de los estudiantes.

En suma, esta revisión señala la necesidad de desarrollar unidades didácticas para la enseñanza del fenómeno de la flotación que: a) tengan en cuenta las explicaciones previas que los estudiantes tienen sobre dicho fenómeno, b) involucren investigaciones de primera y segunda mano; c) estimulen el trabajo intergrupale intragrupal, y d) reconozcan diferentes modos de comunicación como gestos, escritos, dibujos, etc. En consecuencia, la pregunta de investigación que orientó el desarrollo de esta tesis fue:

¿CÓMO SE DESARROLLAN LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES, QUE ASISTEN A LOS COLEGIOS CLASS ROMA Y VISTA BELLA IED, RESPECTO A LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN EN UNA PROPUESTA DE AULA INTENCIONALMENTE DISEÑADA?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Consideramos que es necesario que las personas en general tengan una preparación en Ciencias Naturales que les permita conocer y comprender los fenómenos naturales, ya que dichos conocimientos y comprensiones producen un desarrollo cultural, científico y tecnológico para el bienestar social. Muchas personas (científicos, maestros) queremos contribuir con este ideario. Pero, no es suficiente con tener la intención, se hace necesario desarrollar unidades didácticas que ayuden a las personas a comprender dichos fenómenos.

Por lo tanto, a través de esta tesis queremos hacer nuestro aporte desarrollando una propuesta de aula, que ofrezca ricas y variadas oportunidades para que los estudiantes que asisten a los colegios, Class Roma y Vista Bella IED, construyan, reconstruyan, enriquezcan, transformen, cambien, muten, en una sola palabra desarrollen sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación.

Para el desarrollo de dicha unidad tendremos en cuenta los siguientes lineamientos: a) orientar las actividades de aprendizaje a través de preguntas asociadas al fenómeno de la flotación; b) ayudar a los estudiantes en el desarrollo de investigaciones de primera mano -experimentos- y de segunda mano -consultas de fuentes bibliográficas- con el fin de que desarrollen sus explicaciones sobre el

fenómeno de la flotación; c) estimular a los estudiantes para que utilicen sus explicaciones previas sobre el fenómeno de la flotación como punto de partida para el desarrollo de explicaciones más elaboradas; d) fomentar espacios de interacción entre los estudiantes para que compartan sus explicaciones sobre dicho fenómeno de la flotación.

Nuestra decisión de orientar las actividades de enseñanza-aprendizaje de nuestra propuesta de aula a partir de preguntas asociadas al fenómeno de la flotación, admite que las preguntas se convierten en una herramienta clave cuando se trata de construir explicaciones tanto científicas como escolares. Adicionalmente, rescata las recomendaciones de algunos investigadores (Bateman 1999; Mendoza 1998; Wagner, Cohen, y Moyer 2009) que señalan cómo el planteamiento de preguntas alusivas a un fenómeno de las ciencias dentro del desarrollo de una serie de actividades permite a los estudiantes desempeñar un rol protagónico en la clase de ciencias, en la medida que los impele a buscar respuestas a las preguntas a través de procesos de indagación y/o diálogos con sus compañeros y con el maestro.

Nuestra intención de desarrollar una propuesta de aula en la que los estudiantes se comprometan en el desarrollo de investigaciones de primera mano –experimentos- y de segunda mano –consultas de fuentes bibliográficas- sobre el fenómeno de la flotación, la cual está íntimamente relacionada con nuestra decisión de orientar las actividades de enseñanza-aprendizaje a través de preguntas, recoge algunos de las recomendaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias señaladas en las últimas décadas. En primer lugar, recoge la idea de que el conocimiento y la experiencia están íntimamente relacionados (Unal 2008; Biddulph Osborne 1984), y que en consecuencia la experimentación constituye una forma de interacción directa entre los estudiantes y el fenómeno, que no solo fomenta el aprendizaje, sino que –adicionalmente- motiva al estudiante (Huertas 1996; Herrera 2008). En segundo lugar, recoge la idea de que las fuentes bibliográficas (libros, videos, simuladores en computador, tutoriales audiovisuales e impresos, tesis, etc.) se constituyen en mediadores que facilitan el aprendizaje, que ayudan a los estudiantes a re-orientar sus explicaciones al ofrecerles una variedad de información, a la que pueden acceder según sus intereses, dudas y expectativas.

Nuestro interés por desarrollar una propuesta de aula que estimule a los estudiantes a utilizar sus explicaciones previas sobre el fenómeno de la flotación como punto de partida para el desarrollo de explicaciones más elaboradas, tiene a la base el reconocimiento de que los niños y las niñas traen consigo, a las clases de ciencias, diversas explicaciones sobre dicho fenómeno (Unal 2008), las cuales están muy relacionadas con su pasado, con su contexto y con las experiencias sensoriales que les han generado alto impacto durante la vida diaria (Driver y Erickson, 1983), y que

dichas ideas son la base desde las cuales desarrollan sus nuevas explicaciones sobre los fenómenos (Unal 2008, Woodruff y Meyer 1997).

Finalmente, nuestra preocupación por desarrollar una propuesta de aula que estimule a los estudiantes a utilizar la comunicación e interacción con sus compañeros, reconoce que la construcción de explicaciones es de naturaleza social: a través de las discusiones con sus coetáneos, y con el profesor, los estudiantes comparten, apoyan, rechazan y generan nuevas explicaciones sobre la flotación de los cuerpos.

1.4 OBJETIVOS

Los objetivos que se propusieron para abordar la pregunta de investigación fueron:

Objetivo General	<ul style="list-style-type: none"> • Ayudar a los estudiantes que asisten al décimo grado, en los colegios Class Roma y Vista Bella, Jornada tarde, a desarrollar sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos.
Objetivo Específicos	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los lineamientos que orientan el diseño de una propuesta de aula referida al fenómeno de la flotación de los cuerpos. • Diseñar las actividades de enseñanza, y su respectiva secuencia, atendiendo a los lineamientos presupuestados • Establecer, y en los casos necesarios construir, los materiales o herramientas para la ejecución de la propuesta de aula • Implementar la propuesta de aula planificada con los estudiantes que asisten al décimo grado, en los colegios Class y Vista Bella, Jornada tarde. • Analizar las explicaciones de los estudiantes a lo largo de su participación en la propuesta de aula. • Reflexionar –retrospectivamente- sobre la propuesta de aula en relación a las explicaciones elaboradas por los estudiantes.

2 EXPLICACIONES CIENTÍFICAS SOBRE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS: DE ARISTÓTELES A GALILEO

A través de la historia de la humanidad se han realizado grandes aportes al avance de la ciencia, tanto en explicaciones sobre flotación, como el uso de la estática y la hidrostática para el desarrollo de obras de ingeniería. En algunos casos dichos aportes han sido elaborados en el ámbito de las ciencias, desde la postura filosófica dentro de la cual cada científico se ha situado para construir sus explicaciones. Por esta razón, en este capítulo nos disponemos a presentar algunas de las principales explicaciones científicas dadas al fenómeno de la flotación, deteniéndonos en las propuestas de: Aristóteles, Arquímedes, Stevin, Beeckman, Descartes, y Galileo. Cabe aclarar que tanto Aristóteles, Platón y Arquímedes son autores que corresponden a lo que se suele denominar la ciencia Helenista, mientras que Stevín, Beeckman, Descartes y Galileo hicieron parte de la ciencia renacentista, siendo Beeckman y Descartes prácticamente inauguradores de la ciencia moderna.

2.1 APORTE ARISTOTÉLICO

Aristóteles se interesó por estudiar la naturaleza de las sustancias como un todo. Nunca pretendió explicar el fenómeno de la flotación, pero sus análisis llegaron a establecer conclusiones respecto al comportamiento de los cuerpos en el agua.

Aristóteles afirmó que algunas cosas o situaciones son obra de la naturaleza, como la tierra, el fuego, el aire y el agua. Estas parecen diferenciarse de las que no están constituidas por naturaleza, porque cada una de ellas tiene en sí misma un principio de movimiento y de reposo, alterando su estado, por ejemplo el lanzamiento de un objeto o la caída del agua debido a su peso. Por el contrario, una cama, una prenda de vestir o cualquier otra cosa de género semejante, son cosas artificiales. Aristóteles aseveró también que tanto cosas naturales como artificiales presentan dos tipos de movimiento: natural (debido a su peso por ejemplo) y el artificial, debido a la acción de un agente externo. Basado en este razonamiento, Aristóteles propuso la existencia de cuatro elementos fundamentales que constituían todos los cuerpos

presentes en el mundo sublunar, básicos para la existencia de todo: tierra, aire, agua y fuego, situación que generó preguntas alusivas a la ligereza de algunos de estos elementos respecto a otros ¿Cuál es el elemento más pesado?, ¿Cuál es el elemento más liviano? y este tipo de preguntas acercó a Aristóteles a estudiar la flotación.

Aristóteles y sus seguidores afirmaron que los cuerpos que se hunden en todas las cosas son los más pesados, pero la luz, que sube a la superficie de todo es el cuerpo más liviano. Al observar la flotación de estos cuatro elementos entre sí, Aristóteles dedujo que el fuego; elemento asociado con la luz, no tenía peso, por esta razón flotó en cualquiera de los otros tres elementos. Por el contrario, al observar la tierra, esta se hunde en los otros elementos, entonces dedujo que es el elemento más pesado de la naturaleza. Mientras que los elementos intermedios agua y aire, flotan en la tierra, pero se hunden en el fuego o la luz, sin embargo afirmó que estos últimos, son pesados en sus propios medios, por tanto el agua pesa en el agua y el aire pesa en el aire. El aporte de Aristóteles es la comparación de peso entre los cuatro elementos fundamentales de la naturaleza, para establecer una relación entre ellos alusiva al hundimiento o flotación de un elemento sobre el otro. La pretensión de Aristóteles no era explicar el fenómeno de la flotación, estuvo interesado en analizar las características de las sustancias fundamentales de la naturaleza y un criterio para su estudio era la flotación entre estos cuatro elementos (lo que identificó realmente fue los estados de la materia).

Aristóteles indicaba la existencia de dos tipos de movimiento en sus estudios, los naturales como la caída de los cuerpos y los violentos como lanzar cuerpos hacia arriba, o impulsarlos. Situación que limitó sus conclusiones sobre el fenómeno de flotación, puesto que no era la misma línea de estudio por ejemplo el empujar un cuerpo para sumergirlo y esperar que pasa con este, en comparación con dejar que un cuerpo permanezca sumergido. En el primer caso Aristóteles hablaba de un movimiento violento y en el segundo de movimiento natural.

2.2 APORTES DE ARQUÍMEDES

Arquímedes ha sido uno de los más grandes pensadores de todos los tiempos. Su aporte al estudio de la flotación se basó en establecer que los fluidos ejercen una fuerza en sentido opuesto al peso sobre un cuerpo sumergido (empuje), y que esta fuerza es igual al peso del fluido que desplaza el cuerpo. A través de esta fuerza, Arquímedes explicó la pérdida de peso “aparente” de un cuerpo al estar sumergido, la elevación de un globo y la flotación de un barco (Tamir 2008).

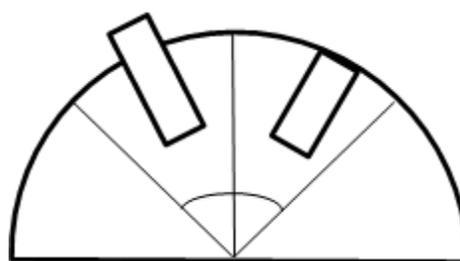
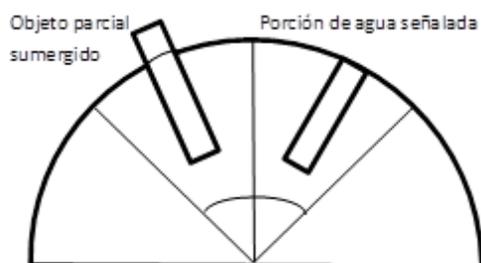
El principio de Arquímedes fue propuesto en circunstancias especiales. Los historiadores mencionan que la solicitud que el rey Hierón II hiciera a Arquímedes de

determinar si su corona había sido elaborada solamente con oro fue la que motivó el ejercicio intelectual que permitió a este pensador construir una explicación del fenómeno de la flotación de los cuerpos (Tamir 2008). Meditando en su bañera Arquímedes se dio cuenta que cierta cantidad de agua se regaba cuando él se sumergía en ella. También notó que su peso, aparentemente, disminuía al sumergirse. Esto lo llevó a experimentar a fin de establecer que la perdida aparente de peso que sufría un cuerpo, cuando se sumergía en un líquido, causada por el empuje que hacía el líquido, era igual al peso del volumen del líquido que desplazaba. Con esta idea en mente Arquímedes encontró una respuesta a la solicitud del Rey. En lugar de sumergirse él en una bañera sumergió la corona y comparó el volumen que ésta desplazaba con el volumen que desplazaba tanto un cuerpo de oro como una de plata con el mismo peso que la corona. Con ello concluyó que la corona no estaba hecha solamente en oro sino que era una mezcla de oro y plata (Tamir 2008).

Toda la información que conocemos sobre Arquímedes proviene de escritos medievales en latín, a excepción del Palimpsesto encontrado en el siglo XX con información en griego (Palmieri 2005). Estos escritos griegos fueron traducidos del latín al italiano por Tartaglia y Comandino, en el renacimiento, de allí que sirvieran de base para los trabajos de Galileo (Palmieri 2005). En esta traducción se registran los gráficos realizados por Arquímedes sobre la flotación de los cuerpos (véase la figura 1, en la que recogemos dichos gráficos). Estos gráficos muestran cuerpos flotando en una cáscara idealizada de agua que cubría la tierra, donde el centro de dicha cáscara coincide con el centro de la Tierra, aunque no muestran información sobre el proceso que le ocurre a un cuerpo mientras se sumerge en el líquido. La figura 1 contiene cuatro filas, donde cada fila consta de dos columnas, cada columna

Traducción de Tartaglia

Traducción de Comandino



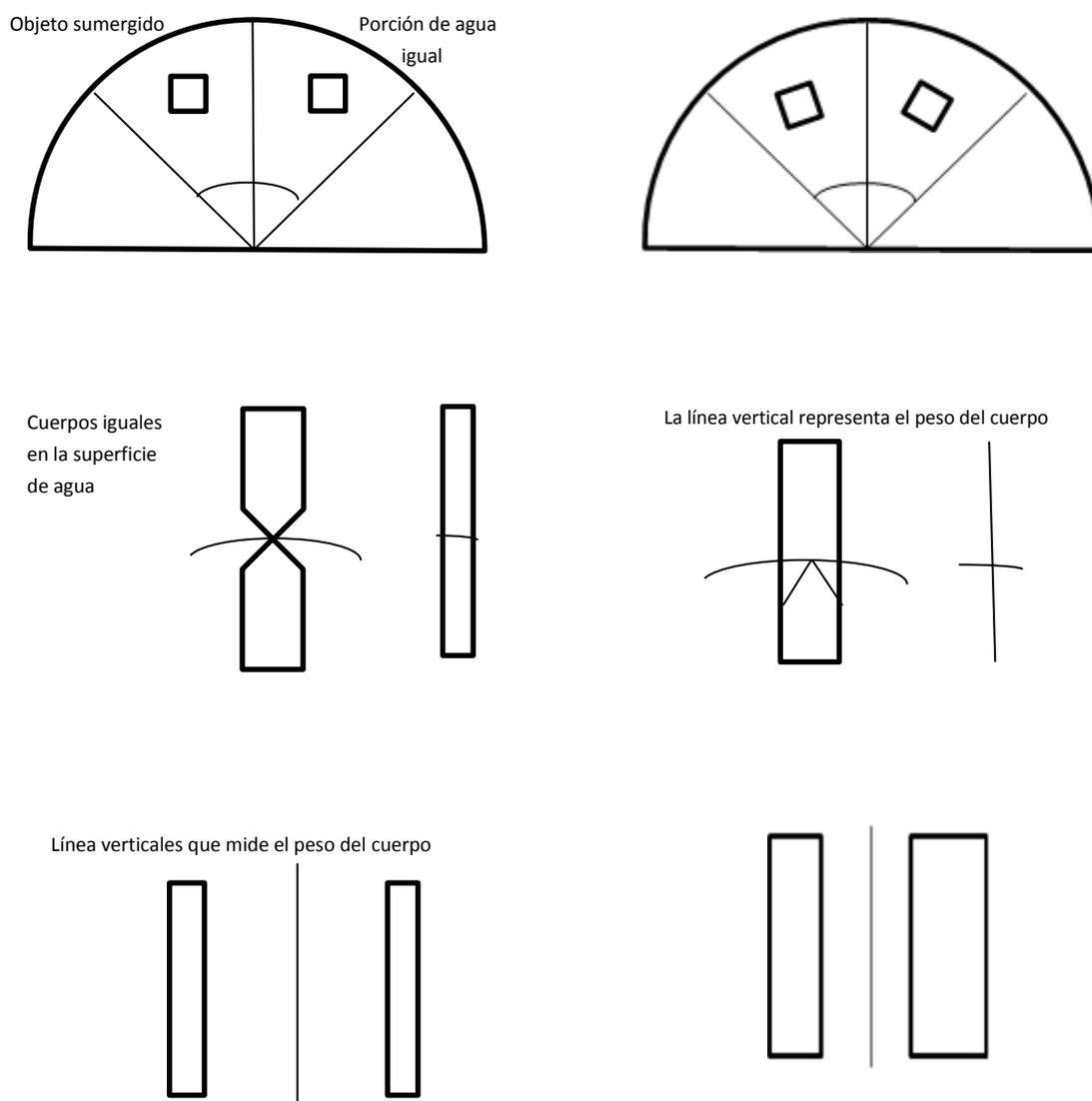


Figura 1. Esquemas del modelo de flotación de Arquímedes. Columna izquierda, traducción de Niccolò Tartaglia de 1543. Columna Derecha traducción de Comandino en 1565.

ilustra los gráficos traducidos por Tartaglia (primera columna) y Comandino (segunda columna) La única diferencia entre los gráficos de las dos columnas traducidos es el grosor de las figuras (aparecen un poco más amplias en la traducción de Comandino en relación con la de Tartaglia). En las dos primeras filas hay semicírculos, cada uno dividido en dos hemisferios: izquierdo y derecho (Palmieri 2005). En la primera fila hay un cuerpo parcialmente sumergido en el agua en el hemisferio izquierdo y un volumen de agua igual al del cuerpo sumergido en el hemisferio derecho. En la segunda fila, se encuentra un cuerpo sumergido en el agua (hemisferio izquierdo) y un volumen igual de agua remplazando al cuerpo sumergido (hemisferio derecho).

En la tercera fila se observa un equilibrio entre el peso de un cuerpo que está por encima de la superficie del agua con respecto a una fuerza hacia arriba ejercida por una porción de agua de igual forma que el cuerpo más el resto del agua que se encuentra dentro del semicírculo. Cabe aclarar que en la tercera y cuarta fila, no aparece el semicírculo completo en las dos traducciones. En la cuarta fila aparece la representación geométrica de los pesos por medio de líneas (edición Comandino) o superficies (edición Tartaglia) de los dos cuerpos (el sólido y una porción del líquido con valores están asociados a la longitud de una línea. Las dos traducciones son muy similares y en ellas se observa cómo Arquímedes establece una relación entre el peso de un cuerpo flotando por encima de la superficie del agua con el peso de una porción de agua, equivalente al agua desalojada o desplazada, cuando el cuerpo se sumerge bien sea parcial o totalmente. Las únicas dos diferencias entre las dos traducciones son: primero, en la traducción de Comandino aparecen superficies un poco mayores que en Tartaglia y segundo con respecto a la fila tres la representación geométrica de los pesos del cuerpo y el líquido Tartaglia utiliza líneas, mientras que Comandino utiliza rectángulos. A través de estos gráficos Arquímedes nos comparte su idea de la igualdad entre el peso de un cuerpo flotante y el peso del líquido que tiene el mismo volumen sumergido del cuerpo.

2.3 APORTES DE STEVIN

Stevin realizó aportes importantes en el campo de la hidrostática, entre otros, el hecho de que posiblemente fue un gran apoyo para consolidar el principio de Pascal; sin embargo no se conoce que haya estudiado directamente la flotación de los cuerpos.

Su explicación sobre la paradoja hidrostática¹ fue estrictamente geométrica. Se basó en una analogía sobre el funcionamiento de la balanza hidrostática que había sido inventada recientemente por Galileo y afirmó que la flotación de los cuerpos se podía explicar de la misma forma. Para él solo se trataba de una proporción entre las velocidades de dos objetos, situados encima de los platos, con movimiento en forma de arco respecto a un eje de rotación y las fuerzas ejercidas por su propio peso. Explicó la paradoja hidrostática imaginándose la solidificación de una porción del líquido, como si este se congelara, pero sin cambiar de volumen (omitiendo que el agua aumenta de volumen en estado sólido); si esta porción de líquido fuera cambiada por un objeto del mismo tamaño, peso y forma, ejercería la misma presión sobre el fondo del recipiente, que el líquido remplazado.

¹ Se le denomina así al hecho de que a simple vista se cree que la presión en el fondo de un recipiente que contiene un líquido es proporcional a la cantidad de líquido contenido en el recipiente, pero en realidad solo depende de la altura del agua.

Las figuras a continuación son rectángulos que representan las caras (regiones de agua) dentro de un prisma rectangular ABCD.

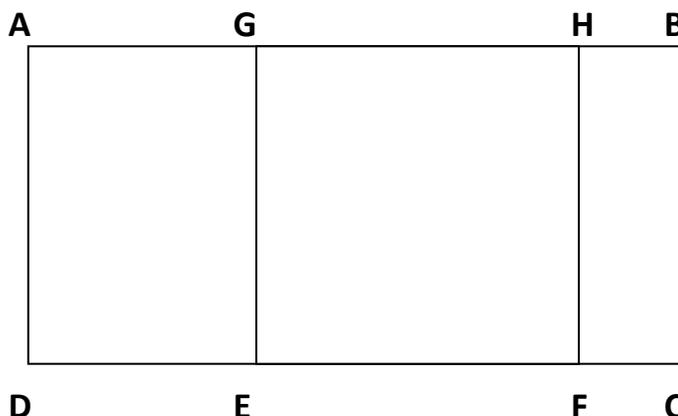


Figura 2. Gráfica alusiva a pensamientos de Stevin sobre la flotación. Extraída de Gaukroger y Shuster 2001.

A la derecha de su gráfica planteó una región pequeña (HFBC), en el medio una mayor (GEFH) y en la parte izquierda del recipiente dibujó la región intermedia (AGDE) a las otras dos. Al comparar estas regiones imaginó diferentes cantidades de líquido, con diferente peso, y dedujo que como estas porciones de líquido tenían la misma altura, habría una razón equivalente entre el peso de líquido con su sección inferior (la cual permanece en contacto con el fondo del recipiente) en las tres regiones. Por tanto, estableció que la razón del peso de cada cara con el área del fondo de dicho líquido eran la misma: $HBFC/FC = GHEF/EF = AGDE/DE$.

De la misma forma imaginó un objeto deforme MILKEF con igual densidad y tamaño

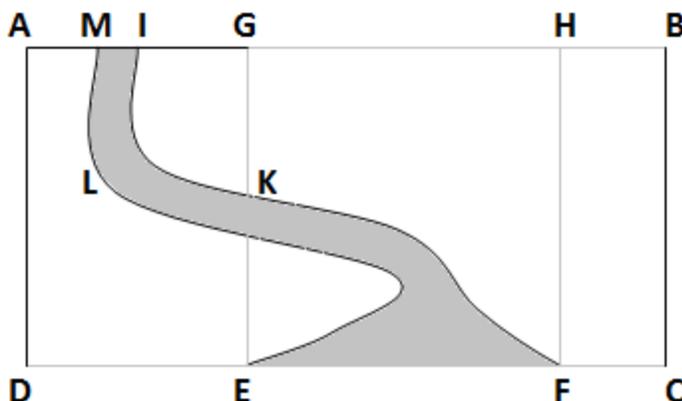


Figura 3. Objeto deforme dentro de un líquido ejerciendo la misma fuerza sobre EF. Tomada de Graukroger y Shuster 2001

que un prisma GHFE, los cuales están dentro de un recipiente ABCD (véase la figura 3). La parte superior MILK de dicho objeto, está por fuera de la región ocupada por el prisma GHFE. Stevin concluye que aunque no parezca la fuerza ejercida por el

objeto deforme sobre el fondo EF es la misma que la efectuada por el prisma de agua GHFE.

Podemos determinar que Stevin relacionó la presión que ejercen diversas porciones de un líquido en el fondo de un recipiente, detectando la igualdad de estas independientemente de la cantidad de líquido y solo dependiendo de la altura de dicho líquido. Su análisis fue importante por el estudio de las propiedades de un fluido, las cuales influyen directamente en el fenómeno de la flotación y constituyen piezas fundamentales para el estudio de dicho fenómeno.

Stevin consideró el cuerpo completo y no se interesó por analizar sus partes. Lo cual le permitió concluir la existencia de presiones iguales en niveles de altura iguales para un mismo líquido que se encontraba dentro de un recipiente.

En las investigaciones de Stevin no eran motivo de análisis las partes minúsculas que constituyen los fluidos, por tanto el análisis de un líquido o un sólido, se realizaba de forma global, estudiando un conjunto de partes.

2.4 APORTES DE BEECKMAN Y DESCARTES

Tanto Beeckman como Descartes no se dedicaron a estudiar directamente la flotación de los cuerpos, pero el estudio de la hidrostática que realizaron, los llevó a realizar explicaciones en términos de flotación. Según parece, para esta época nacía una propuesta de lo que hoy se conoce como “primera ley de Newton” o “ley de la inercia”² y ellos estudiarían la hidrostática desde esta concepción, por lo tanto su estudio hidrostático se basaba en la tendencia al estado de movimiento.

Beeckman al parecer fue el primer científico en describir correctamente la ley de la inercia; como se conoce actualmente la primera ley de Newton (tendencia a permanecer en el estado de movimiento o reposo por parte de un cuerpo), idea que fue iniciada desde el estudio de la hidrostática bajo un punto de vista fenomenológico, acercó las matemáticas a la naturaleza y apoyado por Descartes creó lo que ellos llamaron la físico-matemática.

Beeckman conoció todos los estudios de Stevin, sirviendo como puente entre las posturas sobre estudios de presiones en líquidos de Stevin y Descartes.

Estos autores utilizaron herramientas como el álgebra, generando interrogantes enfocados a las causas que producen el comportamiento de los cuerpos basándose

² En esta época se estaba transformando el concepto aristotélico de inercia que consistía en la tendencia de los cuerpos al reposo, por el concepto que luego concretó Newton en donde la inercia es la tendencia de un cuerpo a permanecer en su estado ya sea de reposo o movimiento rectilíneo uniforme.

en su constitución. Esto dio como resultado el nacimiento de la rama de la Física denominada mecánica de partículas, ciencia que estudia el comportamiento de cada una de estas y su comportamiento individual determina el comportamiento del cuerpo.

Desde 1616 Descartes, en colaboración con Beeckman, construyó una explicación al fenómeno de la flotación que, por una parte, se erigía sobre una concepción corpuscular de la naturaleza de la materia, planteada previamente por corrientes atomistas Helenistas, y que, por otra parte, sentó las bases del pensamiento cartesiano, que establecía que el comportamiento del todo: el cuerpo o la sustancia; era resultado del comportamiento de cada una de sus partes constitutivas: los corpúsculos.

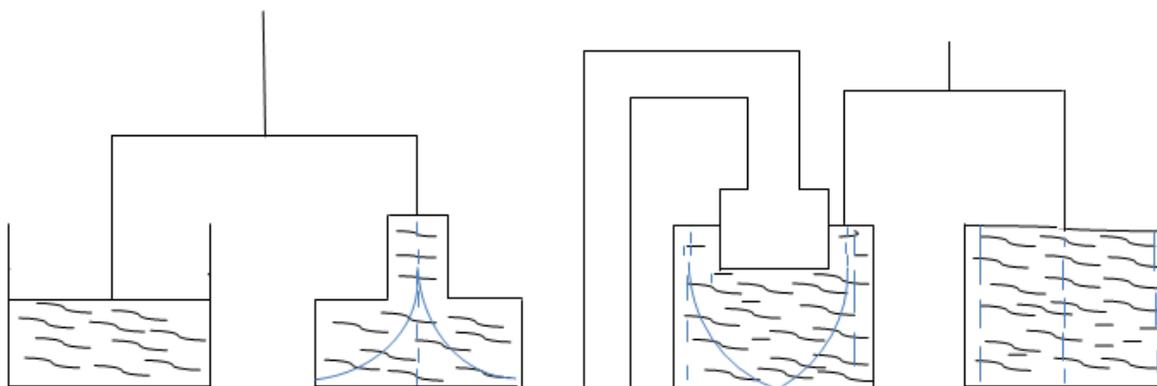


Figura 4. Tendencia al movimiento por parte de partículas de agua dentro de un recipiente. Tomada de Gaukroger y Shuster 2001.

En la figura 4, aparece esquematizada la explicación de Descartes, en donde sustenta en forma gráfica, porqué una partícula que se encuentra en la parte superior de un líquido, produce un efecto que como consecuencia hace presión del líquido en distintos puntos de la parte inferior, dicha presión es igual al mismo nivel de profundidad. Al observar dicha figura, él estableció que la fuerza ejercida por una partícula de agua, no necesariamente, iba dirigida hacia el fondo de un recipiente. Las partículas de agua tienen una tendencia a moverse en tres direcciones, las cuales están representadas de color azul. Estas tendencias al movimiento explican por qué la presión en el fondo de un recipiente es la misma sin importar la cantidad de fluido que haya en posición vertical sobre un punto. Por tanto la presión en el fondo de todo el recipiente es la misma. Como podemos observar, Descartes concluyó lo mismo que Stevin, la diferencia es que Stevin lo hizo analizando el fluido como un todo, mientras que Descartes lo hizo analizando las partes, partículas que constituyen el todo.

Descartes tomó el estudio de la hidrostática como base para sentar una teoría de la mecánica extendida a los demás fenómenos físicos. Buscaba explicar el universo

mediante los fluidos, para él no existía el espacio vacío, este espacio estaba ocupado por un fluido, al cual consideró invisible, afirmando que dicho fluido mantenía los planetas en su órbita.

2.5 APORTES DE GALILEO

Galileo Galilei utiliza razones y proporciones, cumpliendo las reglas del quinto libro de Euclides, para diseñar una teoría de la mecánica. Aunque este pensador mantuvo una rivalidad constante con los seguidores del pensamiento Aristotélico, no hizo un análisis microscópico del fenómeno de flotación, y cercano a los planteamientos de Stevin se preocupó por establecer la relación entre este fenómeno y los movimientos de una balanza.

Galileo estudió la flotación, utilizando un cuerpo en general y estableciendo relaciones de proporción con éste respecto a un líquido, de forma similar a las proporciones analizadas por Stevin. Se centró en analizar y corregir los pensamientos de Aristóteles y observó los diagramas sobre flotación realizados por Arquímedes para luego elaborar sus propios diagramas.

Los estudios que Galileo realizó sobre el fenómeno de la flotación presentan dos etapas: una primera cuando escribe su libro "De Motu" sobre flotación entre 1589 y 1592, en la que mantiene cierto parecido con el tipo de análisis propuesto por Arquímedes al diseñar esquemas similares y en la segunda etapa se independiza de la forma circular de dichos esquemas, realizando representaciones de forma rectangular.

Galileo se aisló del pensamiento aristotélico buscando una nueva teoría sobre la flotación de los cuerpos al relacionar cambios del nivel de un líquido con la parte sumergida del cuerpo flotante. En primer lugar, refuta la tesis Aristotélica de que el agua pesa dentro del agua, y postula que los cuerpos no son pesados ni ligeros dentro de sí mismos. Galileo refutó esta tesis aduciendo que si esta fuera cierta en los líquidos, las partes superiores deberían bajar al fondo del recipiente, desplazando las partes del líquido que estaban ocupando dicho lugar, lo cual no se corresponde con las observaciones. En segundo lugar, rebate la tesis Aristotélica de que todas las sustancias (agua, tierra, fuego o aire) tienen en sí mismas un principio de movimiento y de reposo, y que este principio fuera el responsable de su flotación o hundimiento. Contrario al pensamiento Aristotélico Galileo afirmó que si hay movimiento dentro del agua es gracias a una fuerza de carácter violento. Por ejemplo, en agua quieta una pieza de madera se movería naturalmente hacia arriba, o una piedra se movería naturalmente hacia abajo. Por tanto todos los cuerpos están determinados por una causa que los hace subir o los hace bajar al fondo del líquido: la fuerza de su medio, que hace que un cuerpo pueda ser considerado como pesado o liviano.

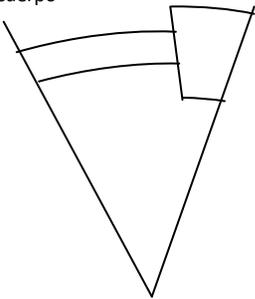
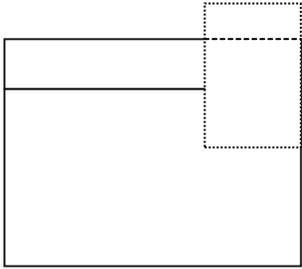
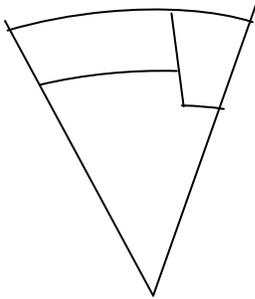
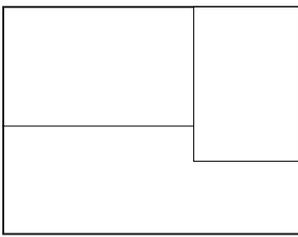
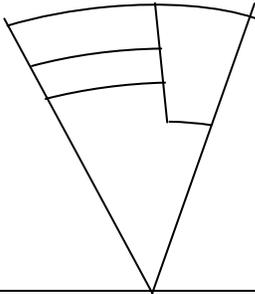
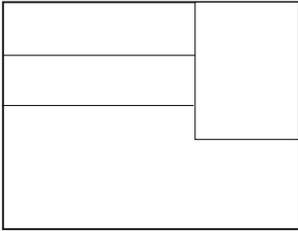
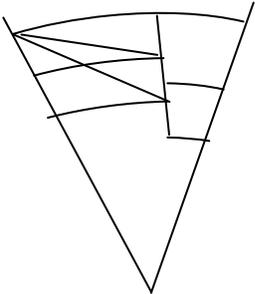
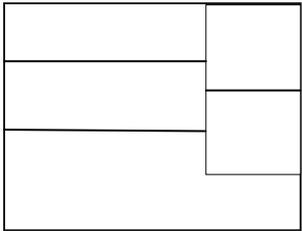
Diagramas de Galileo durante el escrito de Motu.	Diagramas de Galileo posteriores al escrito de Motu.
<p>Galileo tiene en cuenta un cambio de nivel en el agua al Sumergir un cuerpo</p> 	<p>Galileo cambia los diagramas de cascaron esférico, cuerpo parcialmente sumergido</p> <p>Nivel final</p> <p>Nivel inicial</p> 
<p>Cuerpo sumergido, totalmente.</p> <p>Nivel final</p> <p>Nivel inicial</p> 	<p>Cuerpo sumergido, esquema rectangular, mayor variación Entre niveles inicial y final de agua</p> <p>Nivel final</p> <p>Nivel inicial</p> 
<p>Variación en volumen de líquido desplazado respecto al cuerpo que se va sumergiendo.</p> 	<p>Variación en volumen de líquido desplazado respecto al cuerpo que se va sumergiendo (esquema rectangular)</p> 
<p>Relación de proporción entre volumen desplazado con volumen de cuerpo sumergido.</p> 	<p>Relación de proporción entre volumen desplazado con volumen de cuerpo sumergido (esquema rectangular).</p> 

Figura 5: En la comuna izquierda aparecen diagramas del libro Motu (Opere 1 pp 381 - 384) y en la columna derecha aparecen diagramas posteriores a Motu (Opere 1 pp 255 - 272)

En los primeros diagramas de Galileo en *De Motu*, como observamos en la figura 5, se pueden apreciar sectores circulares, que tienen alguna similitud con los diagramas de las traducciones. Pero Galileo traza dos líneas curvas determinando un cambio de nivel respecto al nivel inicial del agua, cuando el sólido se va sumergiendo. Este cambio de nivel no se tomó en cuenta en los diagramas que aparecen en las traducciones de cuerpos flotantes de Arquímedes, al parecer porque él tomó en cuenta el agua desplazada fuera del recipiente que estaba lleno en un principio.

En los estudios sobre flotación posteriores a *De Motu*, realizados por Galileo, se abandonó para siempre el tipo de esquema de sector circular, ya que este tipo de gráfico presenta dificultades para relacionar directamente el sólido con el líquido. Entonces Galileo saca una cantidad de líquido fuera del cascarón esférico y la lleva a un recipiente rectangular. Con el diagrama rectangular él pudo observar el líquido como un cuerpo masivo, ya que está dentro de un recipiente, y no dentro de todo un planeta curvo.

Galileo realizó sus gráficos teniendo en cuenta un proceso. Observó que mientras el cuerpo se iba sumergiendo poco a poco, fue desplazando agua a un nivel más alto del recipiente, entonces representa por medio de rectángulos con determinadas superficies, tanto la cantidad de líquido sumergida, como la cantidad de agua desplazada. El nuevo diagrama rectangular de recipiente con agua, lo llevó a establecer relaciones de proporción entre el peso del cuerpo sumergido y el peso del líquido desplazado.

El opta por comprobar que al sumergir un cuerpo en el agua le es aplicada una fuerza por el agua, igual a la que el líquido desplazado también ejerce sobre el agua como resistencia a no ser levantado. Mientras que el objetivo de Arquímedes era encontrar un volumen de agua cuyo peso fuera igual al peso del cuerpo flotante.

Hay un error de Galileo cuando en principio cree que el volumen del agua desplazada siempre era igual al volumen del objeto flotante. El mismo se autocorrigió utilizando gráficos de tipo geométrico con tres recipientes rectangulares de diferente tamaño, con diferente cantidad de agua. Coloca el cuerpo en un borde del recipiente, desalojando agua a medida que se va sumergiendo, generando diferentes cambios de nivel en los tres recipientes, encontrando una relación de proporción entre el cambio de nivel, el volumen del cuerpo sumergido y los pesos específicos del cuerpo y el líquido.

Más adelante relaciona estos cambios de nivel del agua y pesos específicos con una balanza de brazos de diferente longitud, en donde el de mayor peso específico (bien sea el sólido, o una cantidad de agua igual), estará más cerca del punto de apoyo respecto al de menor peso específico, tantas veces como la razón (peso mayor a

peso menor) nos indique. En caso de desequilibrio en la balanza habría un movimiento más rápido con respecto al peso más cercano al punto de apoyo. Concluyendo así que diferentes pesos específicos entre el agua y el sólido generan diferentes desplazamientos del sólido en el líquido, a diferente rapidez.

Galileo concluye que un volumen de agua igual a la parte sumergida del sólido flotante, pesa tanto como el sólido entero.

3 EXPLICACIONES

Umberto Eco (2007) sostiene que las cinco necesidades básicas, vitales e irrenunciables de los seres humanos son: alimentarse, dormir, dar y recibir afecto, jugar y construir explicaciones, siendo esta última necesidad la que nos hace distintos a los animales. Los seres humanos diariamente construimos explicaciones sobre las cosas o sucesos que ocurren tanto en la naturaleza como en la sociedad a la cual pertenecemos. Esto quiere decir, que las explicaciones que construimos, hacen referencia a todos sus contextos independientemente del tipo de explicación que se construya.

Etimológicamente el término explicación viene del latín “*explicatio*” que significa desenvolver o desplegar lo que está envuelto u oculto a simple vista. No obstante, en los contextos cotidianos esta palabra ha adoptado varias acepciones. En el diccionario de la Real Academia Española del 2002 se encuentran tres acepciones:

- Primera: *“declaración o exposición de cualquier materia, doctrina o texto con palabras claras o ejemplos, para que se haga más perceptible”*
- Segunda: *“satisfacción que se da a una persona o colectividad declarando que las palabras o actos que puede tomar a ofensa carecieron de intención de agravio”*
- Tercera: *manifestación o revelación de la causa o motivo de algo”*

La segunda acepción se aleja un poco de la idea de explicar en ciencias puesto que atañe a una aclaración de una palabra o acto que genera problemas tanto en la comunicación, como en las relaciones personales, lo cual hace parte de situaciones propias de la condición humana. La primera y tercera acepciones guardan estrecha relación con la tarea de explicar en ciencias, ya que la primera hace referencia a los procesos que emprende una persona para ayudar a otra a comprender una idea, concepto, principio, teoría, etc.; mientras que la tercera hace referencia, por una parte, a las explicaciones causales que construyen las personas sobre los fenómenos naturales, en las que una causa produce un efecto, y, por otra parte, a las explicaciones sobre las acciones humanas en las que los motivos o intenciones conllevan a una acción.

La relevancia que tiene la construcción de explicaciones para los seres humanos nos exige realizar una reflexión sobre su papel en el contexto de la educación en ciencias, particularmente, de la educación en Física. Por ello, resulta pertinente

recoger algunas de las reflexiones realizadas por psicólogos, sociólogos, didactas y profesores de las ciencias (sección 3.2), que nos ofrecen algunas ideas sobre cómo ayudar a los educandos a desarrollar sus habilidades para construir explicaciones sobre el mundo natural. Pero antes de ello, también es necesario hacer una reflexión sobre los modelos de explicación privilegiados por las comunidades científicas (sección 3.1), ya que esto nos aporta elementos sobre cómo ayudar a los jóvenes, no solamente a construir explicaciones, sino a construir explicaciones coherentes con los modelos de explicación privilegiados por las ciencias. Para cumplir este propósito, nos proponemos presentar una reflexión sobre las disertaciones propuestas por algunos filósofos de las ciencias acerca del significado consensuado por las comunidades científicas para las explicaciones y sobre los modelos de explicación privilegiados por dichas comunidades.

3.1 ¿CÓMO CONSTRUYEN EXPLICACIONES LAS COMUNIDADES CIENTÍFICAS?

Para responder a la pregunta que proponemos como título de esta sección, pondremos a dialogar las reflexiones realizadas por algunos de los filósofos de las ciencias acerca de los modelos de explicación que ellos consideran, son privilegiados por las comunidades científicas.

A finales del siglo XIX Karl Pearson (1900) afirmó que la tarea fundamental de las ciencias era *describir* los fenómenos naturales, esto es, construir respuestas a preguntas sobre los fenómenos naturales que comienzan con el interrogante ¿Cómo? En contraposición a estos planteamientos, durante la primera mitad del siglo XX algunos filósofos de las ciencias, entre los que se destacan Carnap (1928), Popper (1934), Hempel (1965), Nagel (1981), comenzaron a considerar que la tarea fundamental de las ciencias es *explicar* los fenómenos naturales, es decir, construir respuesta a preguntas sobre los fenómenos naturales que comienzan con el interrogante ¿Por qué?. No obstante, hacia finales del siglo XX otros filósofos de las ciencias como Klimosky (1994), Larry Laudan (1990) y Bunge (1960), apoyados en los trabajos de Nagel, comenzaron a considerar las explicaciones científicas desde una perspectiva más holística, de allí que para ellos la construcción de explicaciones a su vez imbrica la construcción de descripciones. Desde esta última perspectiva, explicar en ciencias es una empresa compleja que implica dar respuesta a preguntas sobre los fenómenos naturales que comienzan con los interrogantes ¿Por qué?, ¿Cómo? ¿Para qué?.

Si las explicaciones científicas son el mecanismo que las comunidades científicas utilizan para dar respuesta a las preguntas sobre los fenómenos naturales que comienzan con los interrogantes ¿Qué?, ¿Por qué?, ¿Cómo? y ¿Para qué?, ¿qué diferencia dichas explicaciones de las explicaciones que cotidianamente los seres

humanos construyen para las mismas preguntas?, más aún, ¿qué diferencia las explicaciones científicas de las explicaciones de otras disciplinas rotuladas como no científicas?, si es que hay alguna diferencia. Estas preguntas, sin lugar a dudas, están asociadas al significado que el término explicación ha venido adoptando dentro de las comunidades científicas, pero sobre todo, a los modelos de explicación que han sido privilegiados por dichas comunidades. Si examinamos los modelos de explicación privilegiados por la ciencia, podremos establecer una relación entre ellos que oriente el diseño e implementación de nuestra propuesta de aula. Por esto, a continuación vamos a analizar los modelos de construcción de explicaciones científicas más destacados por algunos filósofos.

Una de las reflexiones fundamentales sobre la construcción de explicaciones de los científicos fue presentada por Rudolf Carnap a principios del siglo XX. Este filósofo postuló que las comunidades científicas “*descubren*” las teorías a través de las cuales explican los fenómenos naturales mediante procesos *lógico-inductivos*. Para este autor, estos procesos comienzan con la observación “imparcial” (objetiva) del fenómeno a explicar, continúan con la formulación de hipótesis primarias o enunciados singulares, supuestamente libres de prejuicios mentales y coherentes con las observaciones objetivas, siguen con la formulación de enunciados universales (generales) derivados de los enunciados singulares (particulares), con los cuales se elaboran las teorías generales que explican los fenómenos estudiados y finalizan con la validación o refutación empírica de dichas teorías, por medio de un método adecuado de observación y/o experimentación. Claro está, que para los casos en los que no se pudiera realizar validaciones directas. Carnap planteó la posibilidad de la verificación indirecta de las hipótesis a partir de otras leyes verificadas anteriormente, en otros fenómenos relacionados. Pero, si aun así, no se puede verificar todas las hipótesis iniciales sobre determinado fenómeno entonces estas no pueden llegar a convertirse en una teoría (Sánchez, 1989; Jiménez, 2007).

Como el modelo lógico inductivo propuesto por Carnap se basó en la idea de que las explicaciones científicas proceden de la inducción de los enunciados de observaciones objetivas a los enunciados teóricos, esto llevó a considerar que solamente las explicaciones construidas por las disciplinas empíricas podrían ser consideradas como científicas, puesto que, las otras disciplinas, como por ejemplo las sociales y humanidades, no necesariamente generan, ni verifican, sus teorías a través de la experiencia empírica (Canuto 2009).

En consecuencia con el modelo propuesto por Carnap, ingenuamente se podría pensar que solo aquellas explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos formuladas a través de un proceso lógico inductivo podrían ser etiquetadas como científicas; esto es aquellas explicaciones que en su formulación comienzan con el planteamiento de preguntas coherentes con la observación objetiva de dicho

fenómeno, como por ejemplo, ¿por qué flotan los cuerpos en el agua?, que continúan con la elaboración de algunas hipótesis capaces de responder dicha pregunta, como por ejemplo: flotan por el material del cuerpo sumergido, o flotan por el peso del cuerpo sumergido; y que terminan con la validación o refutación empírica de dichas hipótesis.

Aunque las ideas propuestas por Carnap fueron revolucionarias para su contexto histórico y sociocultural, a su vez fueron bastante restringidas y controvertidas en lo que respecta a la estrategia metodológica que conlleva a la formulación, o mejor aún a la construcción, de explicaciones científicas, así como en lo que atañe al grupo de disciplinas que construyen explicaciones científicas. Por esta razón, algunos filósofos propusieron ideas diferentes sobre cómo las comunidades científicas construyen sus explicaciones. Uno de ellos fue Karl Popper (1934).

Karl Popper (1934), se caracterizó por estar en contra de la corriente neopositivista liderada por Carnap sobre la lógica inductiva para la ciencia empírica. Él consideró que la lógica utilizada por los científicos –que crean y contrastan teorías- es la *lógica deductiva*, no la inductiva. Según él para formular una nueva teoría los científicos comienzan planteando hipótesis apoyados en su *“intuición”* o *“inspiración”*, no en la inducción, luego buscan la manera de probar, experimentalmente, si dichas hipótesis son falsas, ya que se parte del presupuesto de que una hipótesis es válida hasta establecer al menos un caso en el que sea falsa, como bien lo apuntó Einstein al afirmar que: *“una infinidad de experimentos no bastan para probar que estoy en lo cierto; un solo experimento puede demostrar que me equivoco”*. Por ejemplo, aunque observemos una gran cantidad de elefantes africanos de color grisáceo, no podemos afirmar con total certeza que todos los elefantes africanos sean de color grisáceo, en cambio, si tan solo detectamos un elefante africano de color blanco, inmediatamente podemos afirmar que no todos los elefantes son de color grisáceo.

Carnap planteó que la ciencia es diferente de la metafísica, porque la primera utiliza la lógica inductiva para construir sus explicaciones, es decir, propuso el uso de la lógica inductiva como criterio para la demarcación entre ciencia y metafísica. Sin embargo, vemos que Popper nos plantea una tesis diferente: que la ciencia y la metafísica utilizan la lógica deductiva para la formulación de sus explicaciones. Esta nueva tesis exige un criterio de demarcación diferente al propuesto por Carnap. De allí, que Popper sugiriera que para diferenciar entre ciencia y metafísica es necesario conocerlas a profundidad a fin de identificar sus diferencias y similitudes. Es más, este autor llegó a reconocer que la ciencia y la metafísica están interrelacionadas; por ejemplo, que en algunos casos la metafísica es el punto de partida, o referente, para el desarrollo de las teorías científicas.

Retomando las propuestas de Popper, Hempel (1965), otro filósofo de las ciencias, planteó, en primer lugar, que el proceso de formulación de explicación científica debe ser entendido como la *deducción* de una descripción concluyente de un fenómeno a partir de un conjunto de condiciones antecedentes. En segundo lugar, planteó que las explicaciones científicas se estructuran a través de un “*explanandum*”, o enunciado que describe el fenómeno a explicar (no es el fenómeno mismo) y de un “*explanans*”, que constituye la pregunta formulada a través de unas leyes generales y condiciones que están antes de la aparición de dicho fenómeno (Hempel 1979). Y, en tercer lugar, estableció que la validez del “*explanandum*” está dada en términos de la atinencia o firmeza del explanans respecto al explanandum, y en términos de la contrastabilidad empírica de todas las hipótesis sobre un suceso, como bien lo resaltan Vera y Ambrosini (2009).

Este modelo de explicación, que sigue las ideas de Popper, ha sido denominado nomológico-deductivo. Veamos a través de un ejemplo su estructura general. Si nos preguntamos ¿Por qué un cuerpo flota?, según Hempel, deberíamos considerar la relación que hay entre las leyes asociadas a dicho fenómeno, como por ejemplo el principio de Arquímedes, y las condiciones antecedentes de la situación concreta, tales como: el tamaño del cuerpo, la cantidad de líquido, el tipo de líquido, la forma del cuerpo, entre otras; para establecer una descripción (*Explanandum*) de dicho fenómeno. Hemos de resaltar, que las leyes son de carácter teórico, pero las condiciones son tanto empíricas como teóricas y estas deben ser comprobables. En la tabla 1 presentamos los elementos estructurales de lo que a juicio de Hempel sería una explicación nomológico-deductiva del fenómeno de la flotación de los cuerpos.

Tabla 1: Elementos estructurales de una explicación nomológico-deductiva sobre la flotación de los cuerpos

<p>EXPLANANS (Ley + condiciones iniciales)</p> <p>Ley: Principio de Arquímedes</p> <p>Condiciones iniciales: Información particular del volumen, masa, material, forma tanto del líquido como del cuerpo flotante.</p>	<p>EXPLANANDUM (Explicación o predicción)</p> <p>Un cuerpo flota en un líquido porque este tiene un peso específico (peso del cuerpo en un volumen dado) menor al peso específico del líquido y por lo tanto el agua ejerce una fuerza dirigida hacia arriba (empuje) sobre el cuerpo, mayor que el propio peso del cuerpo (fuerza dirigida hacia abajo).</p>
--	---

La idea de Hempel en cuanto a que los científicos construyen sus explicaciones a través de procesos nomológico-deductivos tuvo una fuerte aceptación dentro de la

comunidad de filósofos de las ciencias, introdujo un monismo metodológico (Vera y Ambrosini, 2009), que en dado caso puede considerarse como criterio de demarcación: solamente aquellas disciplinas que construyen sus explicaciones por el método nomológico deductivo son consideradas como científicas.

Ampliando las ideas trazadas por Hempel y, de alguna manera las de Carnap y Popper, pero desde un punto de vista más holístico; Ernest Nagel planteó que las comunidades científicas que estudian el mundo natural utilizan diferentes métodos para construir sus explicaciones, y que dichos métodos, a su vez, son utilizados por las comunidades científicas que estudian los fenómenos sociales y humanos. A través de esta idea Nagel admitió el pluralismo metodológico en las ciencias naturales, sociales y humanas, con lo que superó las intenciones puristas de demarcar entre ciencia y no ciencia a través del método. Mejor aún, Nagel enunció que aquello que distingue las ciencias de las no ciencias, es que las primeras se preocupan por establecer explicaciones estructuradas y sistemáticas, las cuales sustentan de la mejor manera, los aspectos regulares y estadísticos de los fenómenos.

Para Nagel las formas de conceptualizar las explicaciones de Popper y Hempel, como explicaciones deductivas, corresponden a una estructura muy rígida. Aunque él no contradice dicha conceptualización, sí la amplía desde una perspectiva más flexible y aplicable a las diversas ciencias. Adicionalmente, reconoce otras formas de explicación muy utilizadas por las comunidades científicas, tales como: las probabilísticas, funcionales y genéticas, que no son rígidas en el sentido de que su intención no es obtener una verdad absoluta. A continuación haremos una descripción de estas otras tres formas de explicación identificadas por Nagel.

Explicación probabilística o estadístico inductiva. Es una explicación que no requiere necesariamente de premisas para llegar a una ley (verdad), sino que se puede elaborar mediante medios estadísticos. En este tipo de explicaciones las leyes son enunciados estadísticos probables que no necesariamente son el único recurso para llegar a la explicación.

La diferencia entre los modelos Nomológico-deductivo y Estadístico-inductivo se centra en la relación entre las premisas de una situación para llegar a determinado resultado. En el nomológico-deductivo se puede predecir el resultado de la explicación, en cambio en el estadístico inductivo se puede predecir una probabilidad del resultado.

Como ejemplo de explicación probabilística se encuentran las leyes de Mendel, las cuales explican y predicen cómo van a ser los rasgos físicos de una nueva persona. Cuando el cruce es de dos razas puras, los descendientes serán iguales al genotipo

dominante, pero cuando el cruce es de individuos de diferente raza, las características maternas y paternas se combinan en los descendientes, donde no se manifiestan únicamente en la primera generación de descendencia. Los rasgos físicos de los descendientes no son predecibles sino probables.

Explicación teleológica o funcional: Este tipo de explicaciones involucran tanto el comportamiento social como las funciones biológicas, es decir, buscan una función (funcionales) o un fin (teleológicas del griego Telos que significa fin u objetivo). Se presentan para un acto, estado o individuo cuando se le asigna una función o cuando se busca un objetivo, un propósito o un fin determinado. Un ejemplo para explicaciones teleológicas sucede cuando se busca explicar que una persona no quiere continuar su matrimonio porque tiene el fin específico de tener hijos y su pareja no puede cumplir dicha finalidad. En este tipo de explicación puede existir una conducta racional o intencional por elección ya sea coherente o incoherente en un ser humano. Cuando las explicaciones son intencionales involucran acciones, deseos y creencias, utilizando mecanismos en lugar de leyes. Otro ejemplo que clarifica un poco más estos aspectos, podría ser cuando se afirma que es probable que los maridos celosos actúen por impulsos; vemos que no hay ninguna ley que compruebe esto pero sí una frecuencia de hechos.

La explicación funcional es aquella que se refiere al funcionamiento de algunas partes de los seres vivos, por ejemplo los ojos de un animal, o los pulmones de un ser vivo, o el latido del corazón, respondiendo tanto a un porqué como a un para qué. En este caso este tipo de explicaciones no benefician una situación particular sino generalizan la importancia de algo que hace parte de un ser vivo. En algunos casos hace “referencia explícita a algún estado o suceso futuro” (Nagel, 1981 p 34), para el cual existe una cosa o se ejecuta una acción que influye en dicho suceso, como por ejemplo al preguntarnos ¿Por qué se inundarán algunas ciudades o campos de nuestro planeta?. La explicación a dicha pregunta involucra el acto vandálico del ser humano al sacar hidrocarburos del subsuelo para utilizarlos como fuente de energía por medio de combustión, generando un calentamiento en la atmosfera terrestre y en el futuro gran parte del agua de los polos se descongelará, inundando ciudades y campos que se encuentran a muy poca altitud respecto al nivel del mar.

Explicación genética: Este tipo de explicación busca identificar cómo un sistema se transforma. Entonces se buscan rasgos, datos o premisas simples del pasado; y se combinan con normas generales (Nagel 1981). Observamos muchas de estas explicaciones en disciplinas como la historia, debido a que allí encontramos narraciones encadenadas por una sucesión de hechos. También en las ciencias la Geología utiliza este tipo de explicaciones por ejemplo la formación de la cordillera de los Andes como un cambio de altitud respecto a la superficie terrestre debido al choque entre la placa oceánica y la placa continental; la placa oceánica choco en

sentido occidente - oriente y se metió por debajo de la placa continental levantándola para formar las montañas y los respectivos ríos que la surcan. Donde los hechos generales constituyen los movimientos permanentes de las placas tectónicas y los particulares se pueden apreciar en los derrumbes, al ser una muestra de cambio en la superficie terrestre. La explicación genética a diferencia de otros tipos de explicación se realiza después de que ocurrió el suceso y depende de los criterios, intereses e ideologías del narrador.

Una vez analizadas las posturas de Carnap, Popper, Hempel y Nagel, vemos que la epistemología de las ciencias siempre ha buscado responder a los problemas que atañen las explicaciones científicas. Nagel y Klimovsky asocian la palabra explicación con predicciones que manifiestan una probabilidad de certeza (Concari 2001).

Los filósofos de las ciencias son un canal importante entre el pensamiento científico y el pensamiento común. Entre otras cosas porque el lenguaje utilizado por ellos no necesariamente es un lenguaje científico.

Tanto los filósofos como los investigadores en educación hacen valiosos aportes para un mejor aprendizaje de las ciencias. Aunque para los filósofos de las ciencias no es objeto de investigación el aprendizaje de las ciencias, ellos nos aportan herramientas importantes para comprender sobre ¿cómo aprende una persona?. Debido a que ellos deben hacer entender sus explicaciones tanto a la comunidad científica como en la comunidad general. Esto ocurre cuando se está elaborando una explicación sobre un fenómeno; ya sea basada en leyes conocidas o basada en el descubrimiento de nuevas leyes relacionadas. Mientras tanto, los investigadores de educación en ciencias nos dan pautas para enseñar y aplicar nuestra propuesta de aula de la mejor manera posible, teniendo conocimiento sobre las mejores propuestas pedagógicas para el aprendizaje de los jóvenes, asociado con los fenómenos naturales.

3.2 EXPLICACIONES PARA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

La enseñanza de las ciencias se ha constituido en una tarea tanto descriptiva como explicativa (Concari 2001), este y otros aspectos hacen que las explicaciones construidas en el aula de clase de ciencias tengan puntos comunes con las explicaciones construidas por los científicos (sin aseverar que las explicaciones que se construyen son equivalentes a las explicaciones científicas). Además podemos pensar en que si proponemos ambientes de aprendizaje en los que los jóvenes utilicen herramientas o estrategias similares a las que utilizan los científicos (trabajo en equipo, diseño de preguntas entre otros) podemos estimularlos a construir explicaciones sobre los fenómenos naturales.

Cabe aclarar que la tarea de la educación en ciencias para estudiantes de básica y media no es la de formar científicos; sino crear espacios para que los estudiantes adquieran una formación en ciencias, preferiblemente enfocada a la comprensión de fenómenos naturales y su aplicación en el entorno correspondiente, permitiéndole resolver problemas y; para que los estudiantes que en el futuro elijan una carrera profesional afín a las ciencias, puedan tener una formación sólida.

Debido a esto es necesario conocer diferentes trabajos sobre las explicaciones en el campo de la educación en ciencias centrandó nuestra atención en dos aspectos: el papel del maestro para la construcción de explicaciones en el aula de ciencias y las explicaciones que dan los estudiantes a los fenómenos naturales, enmarcadas dentro de las habilidades de pensamiento que ellos desarrollan individual y socialmente. En esta sección tenemos como propósito ampliar cada uno de estos dos puntos de vista, inicialmente estudiaremos todo lo que tiene que ver con el rol del docente en las explicaciones que se dan en las clases de ciencias (sección 3.2.1) y finalmente la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes desde sus habilidades de pensamiento (sección 3.2.2).

3.2.1 EL PAPEL DEL MAESTRO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES

Las explicaciones que construyen los docentes sobre los fenómenos que quieren enseñar a sus estudiantes se constituyen en un puente de comunicación entre las explicaciones científicas y las explicaciones que los estudiantes han construido, a partir de sus experiencias, para dichos fenómenos (Pozo y Gómez, 1999). De allí que resulte fundamental que el maestro de ciencias conozca tanto las explicaciones científicas como las explicaciones que sus estudiantes dan a un fenómeno particular, para poder elaborar sus propias explicaciones y agenciar los procesos de aprendizaje de las ciencias en el aula de clase (Pozo y Gómez, 1999)

Sin embargo, en la literatura es posible identificar dos puntos de vista sobre el papel que desempeñan los docentes en la construcción de las explicaciones en la clase de ciencias. En el primero el maestro es visto como expositor de las explicaciones científicas (explicación de la explicación), quien desempeña el papel de dar las explicaciones en ciencias a los estudiantes desde su punto de vista (Eder et al., 2008), lo cual le exige, entre otras cosas, hacer uso, crear y/o adaptar modelos científicos y/o pedagógicos (Concari 2001; Johnson 2012) para ayudar a los estudiantes a comprender las explicaciones científicas.

En el segundo, el maestro es visto como guía, quién acompaña y orienta a sus estudiantes en el proceso de construcción y re-construcción de sus explicaciones. Desde esta perspectiva, el énfasis no está en el aprendizaje de las explicaciones

científicas “*per se*”, sino más bien, en el desarrollo de las habilidades de los estudiantes para construir y re-construir sus propias explicaciones en el contexto de la clase de ciencias (Pozo y Gómez 1999; Feixas 2012). Adicionalmente, desde esta perspectiva, el ejercicio de la enseñanza involucra la participación del estudiante como agente activo en la construcción y desarrollo de sus explicaciones y el maestro como mediador de dicho proceso, pero realizando una mediación más orientadora que observadora, debido a que es quien tiene la responsabilidad de definir las herramientas adecuadas a utilizar, para que el estudiante se involucre en dicho proceso y construya sus propias explicaciones bajo los parámetros planteados por el docente. Debido a su estrecha relación con la presente tesis, decidimos analizar algunas propuestas o posturas que involucran estrategias de acompañamiento a los estudiantes para la elaboración de sus propias explicaciones.

Desde comienzos del siglo XIX Pestalozzi (citado en Feixas 2012) indicó que las prácticas de enseñanza involucran acciones como: **observar, medir, dibujar y escribir** para el estudio de objetos y sus características; que acompañadas por el profesor, ayudan a los estudiantes para que se apropien del conocimiento. También destacó la importancia del lenguaje en el aprendizaje el cual debe ser desarrollado en forma oral y escrita. Este tipo de prácticas no solo fue propuesto para las ciencias, sino para una formación integral en los niños y jóvenes.

Algunos años después Montessori (citada en Feixas 2012), planteó que la simple observación no era suficiente para ayudar a los estudiantes a desarrollar sus conocimientos tanto en ciencias como en las demás áreas del conocimiento. Lo fundamental era, más bien, permitirles **manipular, explorar, jugar, interactuar**, etc., con las cosas, y acompañar dichos procesos teniendo siempre en cuenta las necesidades afectivas de los niños y las niñas. Un ambiente de aprendizaje seguro y ordenado era necesario para el desarrollo de habilidades en el estudiante ya que allí están involucrados aspectos de carácter social, emocional y académico.

Freinet enfatiza por medio de un “tanteo experimental” la importancia de organizar un ambiente de aprendizaje donde se tengan en cuenta las vivencias de los estudiantes, para que ellos mismos observen, pregunten y experimenten con diferentes materiales y así comprendan los fenómenos naturales (Freinet, 1976). Freinet cita ciertas técnicas basadas en una serie de actividades que motivan la libre expresión del estudiante, la comunicación, cooperación e investigación, estas actividades que promueven la comunicación en el estudiante tienen como base: el texto libre, la revista escolar, los planes de trabajo, conferencias, la biblioteca, las asambleas y la correspondencia escolar. Teniendo en cuenta las actividades realizadas por el estudiante bajo estos fundamentos se planifican y discuten las clases.

En esta misma línea Piaget (1968) plantea lo que él denomina *principio de actividad*, el cual ya estaba presente en propuestas anteriores, pero Piaget lo ve como un proceso de construcción del conocimiento en ciencias determinado de una forma activa, dentro de este principio es necesaria la acción de los alumnos sobre los objetos: manipulándolos, explorando su realidad, haciendo preguntas sobre ellos, realizando predicciones y comparando los resultados de sus acciones con sus presupuestos; el desarrollo de explicaciones se ve como una reformulación de proposiciones respecto a las preguntas planteadas en clase de ciencias. (Piaget 1985 citado en Feixas 2012) expresó que:

“se cree haber proporcionado una formación experimental suficiente iniciando al alumnado en los resultados de experiencias pasadas o haciendo el espectáculo de experiencias y demostraciones hechas por el profesor, como si uno aprendiera a nadar mirando cómo nadan los otros, mientras estas sentado en los bancos del muelle”

Ampliando un poco la idea, resaltamos el papel del docente como acompañante del proceso educativo, debido a que para la ilustración de la cita anterior lo ideal en el campo de la enseñanza es que tanto estudiante como maestro naden, donde el estudiante atiende y recibe las instrucciones y recomendaciones adecuadas, observando también la forma de nadar del maestro.

3.2.2 EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES: HABILIDADES DEL PENSAMIENTO

El conocimiento no se puede desligar de las habilidades de las personas debido a que estas son un instrumento para el aprendizaje (Bellido, 2003), una forma en que interactúan los seres humanos para acceder al conocimiento. En el aula el estudiante es el agente principal, la razón de ser de la educación, por tanto los docentes debemos conocer muchos aspectos del estudiante para poder comprender lo que ellos hacen para construir sus explicaciones sobre los fenómenos naturales, ya sea por iniciativa propia o como una propuesta de los docentes para involucrar al estudiante en el mundo científico. Hoy en día sabemos que todas las personas tienen explicaciones intuitivas sobre los fenómenos de la ciencia, por tanto nuestra labor como docentes va encaminada a desarrollar estas ideas intuitivas, permitiendo al estudiante interactuar y socializar sus propias explicaciones.

Desde este punto de vista las explicaciones se desarrollan apoyadas en habilidades particulares tales como: observar, clasificar, ordenar, describir, entre otras. No podemos determinar cuáles son las habilidades que ayudan a generar una explicación sobre un tema en la clase de ciencias y como las explicaciones son una habilidad propia del ser humano, por tanto no podemos sugerirle a una persona lo

que debe hacer para producir una explicación, es decir, no le podemos indicar directamente las habilidades de pensamiento que la persona debe desarrollar. Sin embargo podemos propiciar el uso de ciertas habilidades en el aula que se conviertan en una herramienta importante para que los estudiantes desarrollen sus explicaciones.

A continuación analizaremos los puntos de vista de algunos psicólogos importantes por sus trabajos con el desarrollo de las habilidades del pensamiento de las personas, es decir de la forma en que aprenden los estudiantes tanto en las ciencias como en todas las disciplinas del conocimiento ya sea en la escuela o en el desarrollo humano.

Uno de los psicólogos preocupado por estudiar las habilidades en las personas fue Piaget quien realizó varios trabajos para conocer las explicaciones de niños y jóvenes, cuando se les pregunta sobre el ¿por qué? de los fenómenos. Piaget realizó un estudio del análisis cognitivo de las personas por edades, las cuales clasificó en ciclos a los que llamó estadios. Afirmó que los jóvenes en edades de 12 a 16 años utilizan un razonamiento hipotético-deductivo para explicar y resolver problemas, denominándolo pensamiento formal. Este pensamiento permite al adolescente resolver situaciones sin necesidad de tenerlas enfrente, donde él joven realiza hipótesis sobre los problemas o fenómenos planteados; a diferencia de los niños menores de 11 años, quienes según el pensamiento de Piaget necesitan tener los elementos necesarios para abstraer ideas y poder resolver los problemas planteados. Esto implica que las habilidades utilizadas por un niño menor de 12 años son distintas a las habilidades de un niño mayor de 12 años en adelante, en especial, destacó el uso de habilidades sociales, los niños menores de 12 años, se caracterizan ser egocéntricos por que trabajan de forma individual (Piaget 1968).

Para Piaget, tanto los pensamientos como los comportamientos de los niños se van transformando con la edad desde el periodo sensoriomotor hasta procesos de pensamiento más abstractos y racionales, como también las acciones y operaciones de los niños se vuelven más abstractas, menos singulares e individuales, teniendo en cuenta otros pensamientos para concluir situaciones.

Un psicólogo muy famoso de origen soviético fue Vigotsky; quien afirmó que las habilidades en el ser humano se desarrollan a medida que este avanza en edad pero, a diferencia de Piaget dicho desarrollo se debe al entorno social y no al desarrollo biológico de la persona. Vigotsky divide las habilidades de pensamiento en dos grupos: habilidades básicas y habilidades superiores; las habilidades básicas son innatas, mientras que las habilidades superiores son desarrolladas en un entorno social y sobre la base de las habilidades básicas. Esto no implica que una habilidad superior no se pueda producir individualmente, ya que una persona internaliza el

conocimiento generado en grupo para estar en capacidad de utilizarlo individualmente. Dicha teoría sentó las bases para analizar el aprendizaje desde el punto de vista de las habilidades de pensamiento. Para Vygotsky (2004) las explicaciones pertenecen a las habilidades superiores que se desarrollan socialmente a partir de ciertas habilidades básicas.

Después de la segunda mitad del siglo XX, algunos psicólogos y pedagogos sobresalientes como: Bloom, Anderson, Krathwohl y Churches se han preocupado por organizar una taxonomía de las habilidades del pensamiento para el desarrollo del conocimiento en los seres humanos, debido a esto propusieron que las habilidades son categorías que agrupan procesos de pensamiento. Además ordenaron sistemáticamente los procesos cognitivos a través de los cuales se construye el aprendizaje sugiriendo que estos ordenamientos fuesen tenidos en cuenta en el currículo. Debido a la importancia y los diferentes papeles que desempeñan las explicaciones en la educación, estas son catalogadas de diferentes maneras dentro de cada taxonomía.

Bloom establece un sistema de clasificación de objetivos. Las seis categorías de habilidades propuestas por Bloom (1956) colmo aparecen en la tabla 2 en orden de nivel menor a mayor: **conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación**. Estas habilidades tomaron como punto de partida los objetivos de la educación, con la idea de darles una categorización debido a que consideró la educación como un proceso de cambio, las explicaciones aparecen como operaciones mentales dentro de las habilidades: comprender, sintetizar y evaluar (Bloom 1971).

Tabla 2. Niveles y descripción de habilidades de Bloom.

Categoría	Descripción
Conocimiento	Estar en capacidad de recordar fechas, clasificaciones, principios, palabras.
Comprensión	Estar en condición de transponer, interpretar y extrapolar con base en ciertos conocimientos.
Aplicación	Haber utilizado conocimientos o principios para resolver un problema.
Análisis	Haber identificado relaciones y principios de organización en una situación.
Síntesis	Haber producido una obra personal después de haber trazado un plan de acción
Evaluación	Tener la capacidad de dar un juicio crítico con bases fundadas en criterios tanto internos como externos

Anderson y Krathwohl (2001) realizan una reforma importante a estas seis categorías, que se caracteriza principalmente por el cambio de sustantivos por verbos (cambio de productos por acciones), y porque ellos eliminan la habilidad de **sintetizar**, a cambio proponen la habilidad de **crear** como la de mayor nivel, quedando en el siguiente orden: **conocer, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear**; ellos sin embargo reconocen la importancia del uso de los sustantivos como el conocimiento que pretende alcanzar o construir un estudiante. Hoy en día esta

categorización se ha convertido en una herramienta importante en el diseño y desarrollo de currículos. En la tabla 3, se puede observar dicha propuesta.

Tabla 3. Revisión de taxonomía de Bloom hecha por Anderson y Krathwohl (2001).

Categoría	Habilidades
Crear	Generar hipótesis basadas en criterios sólidos. Participar en procesos de tareas no asignadas.
Evaluar	Apropiarse de forma efectiva de los procedimientos.
Analizar	Distinguir información importante en su estudio. Integrar diferentes elementos.
Aplicar	Aplicar procesos en tareas familiares, usar procesos en solución de tareas.
Comprender	Ejemplificar conceptos principales, reconocer y comparar items.
Recordar	Recordar conceptos de memoria, reconocer de memoria conceptos en nueva información y material.

Finalmente Churches (2007) crea lo que se conoce como la “taxonomía de Bloom para la era digital”, la cual está constituida por las mismas categorías pero dentro de cada una de ellas incluye acciones o procesos que corresponden al uso de los computadores con fines de aprendizaje. Esta taxonomía se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de la tabla de habilidades de Churches (2007) de la era digital.

Categoría	Habilidades digitales
Crear	Programar, filmar, animar, blogear, participar en un Wiki, publicar, entre otras.
Evaluar	Participar en redes, publicar, comentar en un blog,
Analizar	Recombinar, enlazar, recombinar información de medios, hacer ingeniería inversa
Aplicar	Correr, cargar, operar, subir archivos a un servidor, editar
Comprender	Hacer búsquedas avanzadas, Hacer búsquedas booleanas, hacer periodismo en formato blog, categorizar, etiquetar, comentar.
Recordar	Utilizar viñetas, resaltar, marcar, participar en la red social, hacer búsquedas en google.

Hay propuestas que nos dan a conocer criterios para el uso de habilidades de pensamiento en el campo de la pedagogía de las ciencias como las siguientes:

Para desarrollar en los estudiantes habilidades en ciencias se debe enfatizar principalmente en las habilidades de pensamiento creativo (Sánchez 1991)

Bellido (2003), basado en la teoría de Vigostky, propone una categorización entre habilidades generales y particulares en donde las explicaciones pertenecen al grupo de las habilidades generales y son de gran importancia en el desarrollo y aprendizaje de las ciencias.

Hernández et al 2011, consideran que se obtienen grandes resultados en el aprendizaje de las ciencias siguiendo dos rutas de trabajo en el aula, las cuales corresponden a un orden en el desarrollo de habilidades de pensamiento: la primera

ruta consiste en propiciar que inicialmente los estudiantes hagan una predicción de los resultados de un experimento sobre un fenómeno determinado, luego observan mientras manipulan dicho experimento, para finalmente explicar los resultados comparándolos con las predicciones hechas. Dicha estrategia es conocida como POE (Predecir - observar - explicar). La segunda ruta es un proceso de indagación que consta de una pre indagación, que permite a los estudiantes suponer lo que sucederá en la indagación, la cual tiene como elemento orientador una hipótesis que es sometida a prueba durante la indagación que se obtiene del análisis de resultados de un experimento.

Recientemente en el ámbito educativo es muy utilizado el término de competencia científica del estudiante, término que no solamente involucra algunas habilidades como observar y describir hechos, sino que además relaciona el diario vivir del estudiante, su contexto social y el mundo natural, con la evolución de la ciencia y tecnología. Por esto es de suma importancia en clase responder preguntas científicas para generar debates, que impliquen una adecuada comunicación y evaluación de las explicaciones en diferentes ambientes de aprendizaje (Feixas 2012). Dichas competencias científicas manejan cuatro componentes: la construcción y el refinamiento de explicaciones, la disposición de conocimientos y habilidades para construir teorías con evidencia para defender argumentos, la comprensión y reconocimiento de la veracidad de las explicaciones científicas y la participación científica (Feixas 2012).

Una idea común entre estas posturas es que la explicación implica una acción práctica fundamental que, en el caso de las ciencias ubica la actividad experimental como uno de los elementos indispensables en el proceso de su aprendizaje.

Identificamos que las explicaciones científicas no están tan separadas de las explicaciones en la educación, ya que las ciencias están íntimamente ligadas a su aprendizaje, puesto que la comunidad científica no solo da explicaciones a los fenómenos naturales sino que las dan a conocer, tanto a los mismos científicos, como en algunos casos a la comunidad en general, y por tanto las explicaciones científicas deben ser entendibles.

No hay criterios definidos para separar la enseñanza del aprendizaje de las ciencias, son dos puntos de vista sobre la educación que aportan a la comprensión de la tarea de los educadores en ciencias para que ésta alcance sus objetivos con mayor efectividad.

4 METODOLOGIA DE INVESTIGACION

En términos generales la metodología de investigación que orientó el diseño y desarrollo del presente estudio fue de corte cualitativo-interpretativo (Erickson 1986). Específicamente, utilizamos la metodología denominada “investigación basada en diseño” (Gros 2007; Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004; Bell 2002), a través de un estudio uno a uno, en el sentido que participamos dos docentes-investigadores, con nuestros respectivos grupos de estudiantes (Cobb et al. 2003; Molina, Castro y Castro 2006).

4.1 LA INVESTIGACIÓN BASADA EN DISEÑO

Las investigaciones basadas en diseño consisten en el desarrollo de proyectos educativos de innovación, que atiendan a las necesidades específicas de los contextos escolares. Esta metodología busca generar conocimientos específicos para resolver problemas educativos concretos de las distintas instituciones, en la medida en que invita a los profesores a: a) identificar dichos problemas, b) proponer varias alternativas de solución que orienten sus decisiones y acciones docentes, y c) evaluar los resultados obtenidos durante la aplicación de dichas soluciones. Por tanto, estas investigaciones terminan siendo una respuesta a la brecha actual entre la teoría y práctica, puesto que son los propios profesores quienes exploran sus prácticas docentes a fin de construir conocimientos sobre la educación en ciencias.

En términos generales las investigaciones basadas en diseño se caracteriza por:

- a) Emerger y estar orientadas a contextos educativos concretos -colegios, clases, estudiantes- con características y necesidades particulares;
- b) Considerar -en la medida de lo posible- la singularidad de los diferentes aspectos que influyen en la investigación, a saber: aspectos temporales, relacionales, emocionales, situacionales, sociales, culturales, entre otros;
- c) Reconocer, considerar y atender la voz, necesidades e intereses de los diferentes participantes de la investigación -estudiantes, profesores, administrativos, padres de familia- durante su desarrollo;
- d) Tomar como punto de apoyo para la planificación, enseñanza y reflexión las investigaciones similares que se han desarrollado en otros contextos, pero resignificándolas a las situaciones y necesidades particulares de cada caso;

- e) Utilizar una diversidad de fuentes de información, tales como: diarios de campo de los profesores-investigadores sobre sus experiencias de planificación, enseñanza, reflexión; entrevistas con diferentes grados de estructuración a los diferentes participantes del estudio; video-grabaciones de las diferentes sesiones de clases; artefactos recogidos en el campo – planeadores de los profesores, producciones escritas de los estudiantes-, entre otras (Gros 2007, Collins et al. 2004)

Esta metodología contempla tres fases: *diseño*, *aplicación* y *evaluación*, las cuales se desarrollan de manera simultánea.

En la fase de *diseño* los investigadores elijen y delimitan su tema de investigación, elaboran los objetivos, reúnen la información necesaria, tanto a nivel teórico como conocimiento del contexto, y planifican su proyecto de innovación educativo, atendiendo a los elementos que se consideran necesarios para alcanzar los objetivos propuestos. Es de notar, que durante el desarrollo general de la investigación hay un rediseño permanente al diseño inicial (Collins et al. 2004).

La fase de *aplicación* corresponde al proceso de implementación de la planeación inicial, en la población educativa correspondiente, por parte de los integrantes que participan en la investigación, a fin de alcanzar los objetivos propuestos con anterioridad.

La fase de *evaluación* está presente desde el inicio del diseño hasta el final de la investigación. En ella se evalúa la documentación teórica, la aplicación del diseño y el análisis de los resultados obtenidos. Esta fase, es realizada por los docentes participantes de la investigación. Claro está, que este proceso también puede ser desarrollado por otros docentes investigadores que utilizan dicho diseño en otros contextos. Adicionalmente, esta fase orienta la generación de los procesos de rediseño en atención al cumplimiento, o no, de los objetivos propuestos.

Las investigaciones basadas en diseño han sido clasificadas por algunos investigadores (Cobb et al. 2003) en función de los participantes y el objetivo educativo que se persigue de la siguiente forma:

- a) Diseño uno a uno: en el que participa el docente-experimentador con sus estudiantes para lograr los aprendizajes proyectados;
- b) Experimentación en el aula: en la que participa un grupo de investigadores con un docente –quien es el maestro titular en la clase- con el objetivo de ayudar a los estudiantes a alcanzar los aprendizajes esperados;
- c) Experimentación para desarrollo docente en formación inicial: donde suelen participar colaborativamente los aspirantes a profesores junto con los

profesores expertos que orientan su formación en el prácticum, con el objetivo de estimular el aprendizaje de los estudiantes y –a su vez- potenciar el desarrollo profesional de aspirantes a profesores

- d) Experimentación para el desarrollo de docentes en ejercicio: donde suelen participar colaborativamente varios profesores de la mano con investigadores –aunque no necesariamente- en aras de ayudar a los estudiantes a obtener los aprendizajes presupuestas, y -a su vez- estimular el desarrollo del profesional del profesorado en ejercicio; y
- e) Diseños para el cambio institucional: donde participan investigadores, docentes, personal administrativo de la institución y otros integrantes de la comunidad educativa, con fin de establecer mejoras en la organización institucional.

4.2 DESCRIPCIÓN DE NUESTRA INVESTIGACIÓN

Seleccionamos esta metodología de investigación porque se ajusta a los objetivos que perseguimos en este estudio, a saber: planificar una propuesta de aula para ayudar a los estudiantes a enriquecer sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos, implementar dicha propuesta de aula con los niños y niñas que asisten a los colegios Class Roma y Vista Bella, y reflexionar sobre el proceso de planificación y enseñanza desarrollados, a la luz de los objetivos de aprendizaje propuestos. Adicionalmente, también la seleccionamos por su naturaleza flexible, en el sentido que las fases de planificación, implementación y evaluación no son secuenciales, sino que se van desarrollando de forma simultánea, interactiva, retrospectiva y sin niveles jerárquicos.

Presentamos al lector inicialmente las tres etapas y los aspectos que tuvimos en cuenta para cada una de ellas: planeación, implementación y evaluación. El proceso de planeación a su vez se dividió en dos sub etapas que fueron: planeación inicial y ajustes.

Para elaborar la planeación inicial, reunimos algunos elementos que consideramos pertinentes: nos planteamos un objetivo que incluía el tema de la enseñanza de la física a trabajar (la flotación de los cuerpos) y el campo dentro del cual lo estudiarían los niños y niñas (las explicaciones del fenómeno); luego consultamos y leímos algunos artículos a cerca de investigaciones planteadas y/o ejecutadas sobre la enseñanza de la flotación de los cuerpos y a partir de esta información, elaboramos unos antecedentes para identificar de una manera más específica nuestro punto de partida; el siguiente paso fue consultar las explicaciones en ciencias sobre el fenómeno de la flotación a través de la historia para finalmente, conocer el concepto de explicación desde las ciencias y desde la educación. Una vez reunidos estos aspectos, diseñamos la propuesta de aula con los elementos que consideramos

necesarios para que nuestros estudiantes inicialmente pudieran dar a conocer sus explicaciones sobre el fenómeno de la flotación, compartirlas y discutir las con sus compañeros y docentes, para luego participar en una serie de actividades, que los llevaran a mejorar sus explicaciones respecto a las iniciales.

Los ajustes a la planeación fueron realizados simultáneamente con las etapas de implementación de la propuesta de aula y la evaluación del proceso.

En la etapa de evaluación, jugaron un papel importante la variedad de fuentes de datos, puesto que cada una de estas nos proporcionó información de distinta naturaleza, a la cual le dimos usos de acuerdo a las circunstancias. Estas fuentes fueron: Escritos de estudiantes, dibujos de los estudiantes, grabaciones y videograbaciones de las actividades, donde participan en conjunto los estudiantes. Nosotros como investigadores, cambiamos el papel habitual de desconocer la mayoría de situaciones específicas de la clase, a observar cada detalle del desarrollo de la propuesta de aula. Consideramos que como fuente de información para la evaluación, nos caracterizamos por la rapidez en el análisis de los resultados principalmente debido a la necesidad de responder a un ajuste inmediato de la planeación inicial. Esto debido a que posiblemente hubiera sido muy tarde dar una respuesta a una necesidad inmediata por el hecho de esperar hasta analizar otra fuente de información para producir un resultado en la evaluación. Esto nos permitió ajustar actividades incluso en marcha, ejemplo: La necesidad de hacer nuevas preguntas.

Los escritos y dibujos nos permitieron conocer las explicaciones de los estudiantes sobre la flotación en general y/o sobre el análisis de una variable del fenómeno. Los dibujos a su vez nos proporcionaron información diferente y complementaria respecto a los escritos.

Las grabaciones nos proporcionaron información sobre las circunstancias en las que se pudo dar alguna situación particular o grupal durante la ejecución de la propuesta de aula.

Finalmente los videos nos mostraron actitudes corporales o detalles en forma visual que no fueron captados por las grabaciones o por otros medios. El papel de la evaluación fue muy importante porque no solo nos permitió ajustar la planeación inicial y la implementación sino que se convirtió en la herramienta fundamental para interpretar los resultados y saber si la hipótesis había sido lograda.

La información como producto de la implementación de la propuesta de aula fue analizada utilizando métodos cuantitativos de interpretación, teniendo en cuenta que la variable flotación fue dependiente de variables como: la forma, el material, el tamaño, y otras en cada una de las sesiones de acuerdo a las necesidades que

surgieron de las preguntas iniciales y haciendo triangulaciones permanentes con la información obtenida; acudiendo a una de las características propias de la metodología de investigación por diseño.

Consideramos que es importante tener en cuenta diferentes aspectos que intervienen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, como: compromiso, cooperación, respeto, responsabilidad y demás valores de los miembros de una comunidad que son parte integral del ser humano e influyen directamente en el aprendizaje de las ciencias. Debemos tener en cuenta que nuestros estudiantes son seres humanos con necesidades e intereses particulares, para quienes los conocimientos en ciencias les pueden permitir conocer y participar en decisiones de carácter ecológico, científico y político que puedan cambiar el rumbo de una sociedad (Martín, et al. 2000). Además del conocimiento científico se debe crear una cultura científica, con la intencionalidad de que las personas aprendan una ciencia para no científicos.

5 PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA: ENRIQUECIMIENTO DE EXPLICACIONES SOBRE EL FENÓMENO DE FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS

Realizamos una propuesta de aula con el propósito de ayudar a nuestros estudiantes, de grado décimo de los colegios distritales Class Roma y Vista Bella, a desarrollar sus explicaciones sobre la flotación de los cuerpos. Por tanto, la propuesta de aula se refiere al tema de flotación, y estuvo dirigida a estudiantes del ciclo V, jornada tarde de la ciudad de Bogotá, Distrito Capital, los cuales trabajaron en el año 2012 temas alusivos a la medición, la hidrostática, presión e hidrodinámica.

Para el desarrollo de la secuencia de la propuesta de aula se planearon actividades relacionadas con el fenómeno de la flotación de los cuerpos para favorecer el desarrollo de las explicaciones realizadas por los estudiantes. Se tuvieron en cuenta aspectos relevantes en el desarrollo de las explicaciones, tales como: a) el planteamiento de preguntas, b) el reconocimiento de las explicaciones iniciales elaboradas por los estudiantes, c) la experimentación para la reelaboración de las explicaciones, d) la construcción y re-construcción de explicaciones de forma escrita o con dibujos, e) el apoyo en investigaciones de segunda mano y d) la socialización.

En relación al planteamiento de preguntas por parte de los profesores a sus estudiantes es un aspecto fundamental en el desarrollo de propuestas de enseñanza (Hardy et al. 2006; Feixas 2012). De la formulación de las preguntas depende, en gran parte, el desarrollo de las actividades por parte de los estudiantes y por consiguiente las explicaciones que termina construyendo y re-construyendo. Con las preguntas que formulamos para nuestra propuesta, pretendimos que el estudiante buscara diferentes respuestas llevando a cabo las experiencias planteadas. Nuestra intención al elaborar las preguntas iniciales fue la de generar un punto de partida, donde el estudiante fuese desarrollando sus explicaciones con acompañamiento del docente por medio de nuevas preguntas sobre la situación particular que se estuviese analizando y, con las respuestas del docente a las preguntas que hacían los estudiantes. La primera pregunta “¿por qué flota la madera en el agua?” inicia con un ¿por qué? debido a que teníamos la intención de que nuestros estudiantes construyeran una respuesta sobre la causa de la flotación de los cuerpos, con lo

cual, implícitamente, terminamos, delimitando el tipo de explicaciones que darían nuestros estudiantes a esta pregunta. Las demás preguntas que planteamos en todas las actividades en cierta manera contribuyeron a responder la primera pregunta. En la tabla 5 presentamos las preguntas orientadoras que planteamos a nuestros estudiantes al comienzo de cada una de las seis sesiones, de nuestra propuesta de aula.

Tabla 5. Preguntas orientadoras

Sesión Número	Preguntas Orientadoras
1	¿Por qué flota un bloque de madera en el agua?
2	¿Qué pasará al sumergir bloques del mismo material pero de diferente tamaño en el agua?, y ¿La flotación depende del tamaño del cuerpo sumergido?
3	¿Qué sucede cuando sumergimos cuerpos del mismo volumen y material pero de diferente forma?, ¿Puede influir la posición de un cuerpo no macizo o con cavidades internas en la flotación?, y ¿Cuándo un barco se voltea se hunde? ¿Por qué?
4	¿Depende la flotación de un cuerpo del fluido dentro del cual está sumergido?
5	¿Depende la flotación de los cuerpos de la cantidad de fluido?
6	¿Qué preguntas surgen a partir de las experiencias? (Para cada una de las seis actividades). ¿Qué preguntas puedo responder después de observar los montajes didácticos?

En cuanto a las explicaciones iniciales de los estudiantes sobre la flotación de los cuerpos, basados en las diversas investigaciones realizadas que referenciamos en el capítulo 1 (Biddulph y Osborne, 1984; Barral, 1990; Fernández, 1985; Mazitelli, et al. 2005, 2006; Hardy et al. 2006) y considerando algunos de los planteamientos de Pozo (1987), consideramos fundamental, para el diseño de nuestra propuesta de aula, reconocer dichas explicaciones como el punto de partida para orientar nuestra enseñanza. Desconocerlas las explicaciones previas de nuestros estudiantes hubiera sido un grave error. Por esta razón, la primera actividad estuvo encaminada, casi en su totalidad, a conocer las explicaciones que tenían nuestros estudiantes sobre el fenómeno de flotación de los cuerpos. Las explicaciones que nuestros estudiantes nos compartieron durante la primera actividad, fue el referente desde el cual organizamos las siguientes actividades.

En lo que atañe a la actividad experimental, como investigaciones de primera mano, teniendo en cuenta algunos estudios citados en el primer capítulo del presente documento (Unal 2008; Hardy et al. 2006), examinando el documento de Feixas (2012), junto con los aportes de Pestalozzi (citado en Feixas 2012), Montessori (citada en Feixas 2012), Piaget (1968) y Freinet (1968) sobre la importancia en el

aprendizaje de la interacción de los estudiantes con los objetos y/o del desarrollo de actividades experimentales en el aula, decidimos que nuestra propuesta debería apoyarse en esta idea para estimular en nuestros estudiantes el desarrollo de sus explicaciones sobre la flotación de los cuerpos. Por esta razón invitamos a nuestros estudiantes explicitar sus explicaciones sobre la flotación de los cuerpos, en la primera sesión, y a continuación los invitamos a estudiar del efecto de algunas de las propiedades de los cuerpos, y de los fluidos en los que se sumergen, en su flotabilidad a través de actividades experimentales. Específicamente, planteamos a nuestros estudiantes actividades experimentales que les permitieran estudiar de manera sistemática y secuencial cómo la masa, la forma y el tamaño de un cuerpo, y el tipo y cantidad de fluido en el que se sumerge, afectan o no su flotabilidad. Durante su desarrollo nos esforzamos por ayudar a nuestros estudiantes a reelaborar sus explicaciones a partir de sus experiencias concretas. En la tabla 6 se recogen la serie de actividades propuestas.

Tabla 6. Aspectos a estudiar por actividades.

Número	Actividad Experimental Número	Aspecto a estudiar
1	1	Propiedades que afectan la flotación de los cuerpos.
2	2	Relación entre la flotabilidad de un cuerpo con la masa y el peso de un cuerpo.
3	3	Relación entre la flotabilidad de un cuerpo con el tamaño y la forma del cuerpo.
4	4	Relación entre la flotabilidad de un cuerpo con el tipo de líquido en el que se sumerge.
5	5	Relación entre la flotabilidad de un cuerpo con la cantidad de líquido en el que se sumerge.

Las investigaciones de segunda mano son una herramienta fundamental para la construcción de explicaciones en la clase de física (Sirera 2005) debido a que los estudiantes tienen la oportunidad de acceder a otro tipo de información que les ayude a construir sus propias explicaciones. Para nuestro caso la actividad desarrollada en nuestra sexta clase fue de este tipo, como parte del engranaje que constituyen todas las herramientas que fueron utilizadas para la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos.

Inspirados en investigaciones como las de Woodruff y Meyer (1997) respecto al trabajo colaborativo realizamos nuestra propuesta utilizando estrategias de trabajo intragrupo (pequeños grupos) e intergrupo (grupo total), generando espacios para que los estudiantes pudiesen relatar sus explicaciones correspondientes. No

podríamos desconocer que la construcción de los conocimientos es de naturaleza social. Por tanto, planteamos las actividades para que los estudiantes terminaran cada actividad con una construcción social respecto al análisis de la flotación de los cuerpos desde el punto de vista específico propuesto para cada explicación.

Teniendo en cuenta los puntos de vista mencionados anteriormente, organizamos seis actividades que buscaron que nuestros estudiantes trabajaran diferentes aspectos del fenómeno de la flotación. En la primera actividad se exploraron las explicaciones iniciales de los estudiantes y se recopiló información para reorientar las siguientes actividades, también se exploraron las variables más utilizadas por los estudiantes para explicar dicho fenómeno. Fue así como en la segunda clase, se preguntó a los estudiantes sobre las posibles explicaciones relacionadas al tamaño del cuerpo flotante. En la tercera clase, los estudiantes construyeron explicaciones de la flotación, desde la idea de la forma del cuerpo. Para la cuarta clase el análisis de los estudiantes estuvo involucrado con el tipo de líquido en el cual está sumergido un cuerpo flotante. Mientras que en la quinta clase, los jóvenes estudiaron la cantidad de líquido en la cual estaba flotando un cuerpo. La última actividad, recopiló varias explicaciones efectuadas por los estudiantes, junto con la consulta de fuentes externas sobre el fenómeno (investigaciones de segunda mano), con ayuda de recursos tecnológicos.

En la tabla 7 presentamos de forma más detallada de las seis actividades propuestas a nuestros estudiantes, las cuales recogen los elementos enunciados previamente.

Tabla 7. Descripción de cada una de las seis actividades.

SESIÓN O ACTIVIDAD	PROPÓSITOS	PREGUNTAS ORIENTADORAS	FASE DE APERTURA	FASE DE EXPLORACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN.	ESTRATEGIAS DE SOCIALIZACIÓN	MODOS DE COMUNICACIÓN
1	Que los estudiantes identifiquen los aspectos relevantes que afectan la flotación de los cuerpos. Obtener información de las explicaciones iniciales realizadas por los estudiantes sobre el fenómeno para tener en cuenta en la planeación de las actividades posteriores	¿Por qué flota un bloque de madera en el agua?	Les dimos a conocer a los estudiantes el trabajo que se realizaría con ellos y las condiciones bajo las cuales se trabajaría. Luego les hicimos la pregunta inicial para que la respondieran individual y luego grupalmente.	Se dispuso de un recipiente transparente con agua y un bloque cilíndrico de madera el cual se introdujo en el agua. Este montaje permitió al estudiante hacer una observación durante un tiempo pertinente, para que luego elaborara una explicación asociada.	Discusión entre los estudiantes en grupos pequeños, a fin de construir una explicación sobre la pregunta orientadora, a partir de sus experiencias biográficas.	Los estudiantes representaron lo observado por medio de uno o varios dibujos o diagramas. Explicaron lo representado en el dibujo y escribieron en forma individual y por grupos sus explicaciones que daban respuesta a la pregunta inicial.
2	Que los estudiantes exploren la relación que hay entre el tamaño de un cuerpo y su flotabilidad	¿Qué pasará al sumergir bloques del mismo material pero de diferente tamaño en el agua? ¿La flotación depende del tamaño del cuerpo sumergido?	Antes de realizar la experiencia se preguntó a los estudiantes: Si sumergimos tres bloques de igual forma y material, pero diferente volumen, ¿Cual se hundirá más? y ¿Por qué?.	Se realizó la experiencia con seis recipientes de igual tamaño y material, uno para cada grupo, con determinada cantidad de agua, en los cuales los estudiantes sumergieron bloques cilíndricos de madera de dos tamaños diferentes, pero igual forma. Analizaron los interrogantes ¿Cuál de los bloques se hunde más y porque? ¿Flotan todos los cuerpos?, ¿Se encuentran en la misma posición?	Los estudiantes realizaron una descripción de las actividades en forma oral y escrita dentro de su grupo. Un integrante de cada grupo explicó lo observado a los demás, para luego hacer un pequeño debate con todo el curso sobre las explicaciones dadas.	Cada grupo hizo una representación de lo observado durante el desarrollo de la actividad por medio de uno o varios dibujos o diagramas. Explicaron lo representado en el dibujo.

SESIÓN O ACTIVIDAD	PROPÓSITOS	PREGUNTAS ORIENTADORAS	FASE DE APERTURA	FASE DE EXPLORACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN.	ESTRATEGIAS DE SOCIALIZACIÓN	MODOS DE COMUNICACIÓN
3	Que los estudiantes exploren la relación que hay entre la forma de un cuerpo y su flotabilidad	<p>¿Qué sucede cuando sumergimos cuerpos del mismo volumen y material pero de diferente forma?</p> <p>¿Puede influir la posición de un cuerpo no macizo o con cavidades internas en la flotación?</p> <p>¿Cuándo un barco se voltea se hunde?</p> <p>¿Por qué?</p>	Se le entregó a cada grupo un vaso con agua y un trozo de plastilina, se les propuso que buscaran la forma de hacer que la plastilina flotara en el agua.	Utilizando la plastilina, se les sugirió elaborar objetos de diferente forma para observar si la forma influye en la flotación. Luego utilizando objetos que tienen cavidades internas, les sugerimos cambiar la posición en el momento en que son sumergidos en el agua y luego observar si su flotación es la misma.	Los estudiantes realizaron una descripción de las actividades en forma oral y escrita dentro de cada grupo y luego para todo el curso en forma oral.	Por medio de diagramas o dibujos cada grupo representó y explicó lo observado durante la actividad. Explicaron lo representado en cada diagrama o dibujo
4	Que los estudiantes exploren la relación que hay entre el tipo de líquido en el que se sumerge un cuerpo y su flotabilidad	¿Depende la flotación de un cuerpo del fluido dentro del cual está sumergido?	Antes de iniciar la actividad se les hizo las siguientes preguntas: ¿Influye el tipo de líquido para que un cuerpo sumergido en este flote?, ¿En cuál de los siguientes líquidos cree usted que flota más un cuerpo: agua, aceite, agua salada, gaseosa o alcohol? ¿Por qué?	Se dispuso de cinco recipientes iguales, cada uno con un líquido diferente (agua, aceite, agua salada, bebida gaseosa y alcohol), los estudiantes sumergieron dentro de cada recipiente un objeto de la misma forma, tamaño y material. Observaron la porción sumergida dentro de cada líquido y compararon con las respuestas dadas a las preguntas iniciales.	Todo el grupo compartió sus explicaciones sobre lo observado durante la actividad, inicialmente en forma escrita pero luego un representante de cada grupo leyó las respuestas y/o explicaciones a sus compañeros para finalmente sacar conclusiones del grupo completo después de discutir las explicaciones de cada uno de los grupos conformados.	Ellos escribieron las respuestas a las preguntas iniciales individualmente y en grupos. Los alumnos construyeron un dibujo relacionado con la actividad para representar lo observado. Escribieron las explicaciones y respuestas a lo observado al interior de cada grupo.

SESIÓN O ACTIVIDAD	PROPÓSITOS	PREGUNTAS ORIENTADORAS	FASE DE APERTURA	FASE DE EXPLORACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN.	ESTRATEGIAS DE SOCIALIZACIÓN	MODOS DE COMUNICACIÓN
5	Que los estudiantes exploren la relación que hay entre la cantidad de líquido en el que se sumerge un cuerpo y su flotabilidad	¿Depende la flotación de los cuerpos de la cantidad de fluido?	Se hicieron las preguntas a los estudiantes, ¿La flotación de un cuerpo depende de la cantidad de líquido en el que se encuentra?, ¿La flotación de un cuerpo depende del recipiente en el que se encuentre el líquido?	Cada grupo dispuso de vasos diferentes y una esfera de madera. Por grupos cambiaron la cantidad de agua en el recipiente, se les suministró instrumentos de medida, para que por grupos respondieran la primera pregunta. Luego se le dio a cada grupo un vaso con área superficial mucho menor. Los estudiantes por grupos tomaron diferentes medidas (se les sugirió que midieran la altura de la parte de la esfera que está por encima de la superficie del agua en los dos recipientes distintos. El nivel de líquido de los dos recipientes era el mismo. Finalmente se les asignó un trabajo de consulta orientado por unas preguntas que les ayudaran a enfocar la consulta a buscar explicaciones científicas sobre la flotación	Se realizó la socialización de explicaciones encontradas por cada grupo, para obtener una explicación general de la actividad	Los estudiantes respondieron a estas preguntas iniciales en forma individual y por grupos Por grupos realizaron diagramas representando las respuestas y explicaciones a las dos preguntas propuestas en la actividad.
6	Que los estudiantes establezcan las diferentes relaciones existentes entre las variables que afectan la flotación. Que los estudiantes tengan acceso a investigaciones de segunda mano para que elaboren una explicación muy completa sobre la flotación de los cuerpos	¿Qué preguntas surgen a partir de estos montajes? ¿Qué preguntas puedo responder después de observar los montajes didácticos?	Los estudiantes observaron y analizaron el funcionamiento de un buzo de descartes, para realizar sus propios aportes de las explicaciones en el grupo. También utilizaron un vaso con agua y tres esferas del mismo tamaño pero de diferentes materiales (icopor, madera y un ping-pong), para ver que sucedía al aplicarles una fuerza hacia abajo (una a una) dentro del agua y que ellos identificaran la fuerza de empuje.	Se proyectó un video relacionado con el fenómeno de flotación y las fuerzas involucradas. Tanto el video como el trabajo de consulta sirvió como recopilación de aspectos generales y refuerzo a las actividades anteriores con el ánimo construir una explicación completa sobre la flotación de los cuerpos y su aplicación tanto en la ciencia como en la tecnología. Se proyectó otro video el cual da crédito al pensador de la antigüedad Arquímedes. Trata de su vida y descubrimientos, mencionando la fuerza de empuje y su relación con el peso del fluido desplazado.	Lectura de la información encontrada por cada estudiante respecto al hundimiento del Titanic y a las explicaciones que les generó cada una de las respuestas a las preguntas del trabajo asignado en la actividad anterior. Cada uno de los estudiantes opinó ante el grupo en general sobre las respuestas a sus preguntas y sobre aspectos que les llamó la atención sobre el trabajo realizado	Presentación en forma escrita e individual del trabajo de consulta. Intervención en forma oral de cada uno de los estudiantes para manifestar los aspectos más relevantes para ellos. Comentarios sobre la información que escucharon de sus compañeros (intergrupala).

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA

La experiencia se desarrolló en un ambiente en el cual el estudiante a través de su interacción con montajes e intercambio de saberes con sus compañeros y docente, hizo parte de un espacio en el que se manifestaron aspectos como: participación, colaboración, formulación de preguntas, discusión de explicaciones, desarrollo de experiencias de primera y segunda mano sobre el fenómeno de la flotación, donde cada uno de ellos pudo relacionar sus conocimientos previos con experiencias nuevas en cada momento.

De las seis actividades que aplicamos en cada institución educativa (colegios Class Roma y Vista Bella), presentaremos la descripción de las dos actividades más significativas de cada colegio. Presentamos a continuación una muestra de la implementación de estas actividades, que confrontaron varias de las explicaciones iniciales de los estudiantes utilizando el estilo de escrito por medio de viñetas; que consiste en presentar una narración de cada actividad. Para esto presentamos la narración de las actividades 1 y 3 del colegio Class Roma y las actividades 4 y 6 del colegio vista Bella.

ACTIVIDAD 1 CLASE DEL PROFESOR HAROLD. MADERA FLOTANDO EN EL AGUA.

Con el timbre del último bloque de clase mis estudiantes de grado décimo del colegio Class, de la jornada de la tarde ingresaron a mi salón de clase. Para comenzar la clase solicité a los estudiantes que se organizaran en grupos de tres personas, y luego comenté que el objetivo era construir una explicación a la pregunta: ¿Por qué flota la madera en el agua?. Mientras escribía esta pregunta en el tablero se me ocurrió plantear otra: ¿siempre flota la madera en el agua?", que a mi juicio podría exigir a los estudiantes un esfuerzo explicativo mayor.

Acto seguido indiqué a los estudiantes la dinámica de trabajo. Procuré que el número de integrantes por grupo, fuese el mismo; la disciplina y participación serían importantes para el desarrollo de la actividad, inicialmente harían una recopilación de explicaciones a la pregunta que posteriormente profundizarían con interacción directa y manipulación de materiales para en último lugar socializar en el grupo general.

Ellos tuvieron como base sus explicaciones iniciales y organizados por grupos escribieron una explicación considerada durante la primera parte de la actividad. Aún no habían experimentado con los materiales para complementar sus ideas.

Después de un tiempo suministré a cada grupo de estudiantes un pedazo de madera y un recipiente con agua, con el fin de que ellos contrastaran las explicaciones que

habían construido sobre la flotación de los cuerpos, con la información que obtuvieron, indagaron de forma experimental como flotaba un trozo de madera en el agua.

Algunos estudiantes partieron el pedazo de madera en trozos muy pequeños, otros buscaron fuera del salón pedazos viejos de madera, mientras que colaboraron en llenar con agua los recipientes y distribuirlos en las mesas de trabajo. La intención de muchos grupos fue cerciorarse si en realidad siempre flota la madera en el agua. Otros grupos analizaron variables como el peso de la madera, los agujeros que esta tiene en su interior, la forma y el tamaño del bloque. Los estudiantes modificaron las variables que quisieron, como la cantidad de agua en el recipiente, el tipo de madera, el tamaño de la madera, el tamaño del recipiente, entre otros. De allí surgieron muchas explicaciones sobre el porqué de la flotación de la madera en el agua. Mientras algunos integrantes de los grupos manipularon el montaje, otros anotaron y dibujaron en una hoja las explicaciones que para ellos fueron las más pertinentes.

Resultó interesante determinar los diferentes aspectos que buscan los estudiantes para explicar el fenómeno de flotación, al no direccionarlos por un aspecto particular, cada grupo determinó una idea de trabajo particular, la cual defendió durante todo el desarrollo de esta actividad, idea relacionada con los conocimientos adquiridos por los estudiantes pertenecientes a un grupo determinado.

Para finalizar se realizó la socialización de explicaciones por cada grupo. En este momento sustentaron y expusieron las explicaciones sobre las dos preguntas iniciales; estas se anotaron en el tablero para hacer una comparación entre ellas y así concluir la explicación más común y más aceptada por el grupo general. Las explicaciones de los grupos indicaron que hay varias variables involucradas en el fenómeno de la flotación. No solo la densidad del cuerpo, independientemente, explica dicho fenómeno; también identificaron que la forma, el tamaño, la ubicación u orientación del cuerpo en el agua, el peso del cuerpo, el tipo de líquido y las características del recipiente, son propiedades de los sólidos y líquidos que intervienen. Respecto a la segunda pregunta un grupo identificó pedazos muy pequeños de madera vieja que se hundieron de una forma particular “llegaron al extremo lateral del recipiente y luego cayeron, lentamente hasta llegar al fondo del recipiente.

ACTIVIDAD 3 PROFESOR HAROLD CORREDOR. LA FORMA Y POSICIÓN DE UN CUERPO PARA QUE FLOTE.

Solicité a los estudiantes organizarse en los mismos grupos conformados en las anteriores actividades. Les recomendé permanecer en intragrupo hasta la

socialización, mantener buena disciplina, orden, interés y creatividad durante el desarrollo de la actividad.

En los primeros minutos, cada grupo respondió en una hoja tres preguntas que anote en el tablero:

-¿Qué sucede cuando sumergimos cuerpos del mismo tamaño y material pero de diferente forma?. ¿Puede influir la ubicación de un cuerpo no macizo o con cavidades internas en la flotación?. ¿Si un barco se voltea, se hunde?.

Para responder a estas preguntas, surgieron opiniones divididas en los grupos. Los estudiantes explicaron dichas preguntas teniendo como ayuda sus ideas iniciales, su historial de conocimientos y sus actividades cotidianas.

Después de un tiempo y sin que los estudiantes entregarán hoja alguna (para que pudieran corregir o seguir discutiendo las mismas preguntas) les suministre por grupo: una barra de plastilina, un vaso con agua y material para medir masas. Con estos elementos ellos se encargaron de armar figuras diferentes, pero de la misma masa y tamaño. Mientras manipularon los elementos continuaron desarrollando sus explicaciones. Al principio varios grupos tuvieron dificultad en observar diferencias, porque la plastilina no flotó, pero a medida que fueron armando poco a poco figuras más planas y de formas ovaladas, se dieron cuenta que si era posible la flotación con la plastilina.

Para la segunda pregunta, los estudiantes tuvieron dudas respecto al concepto de cuerpo macizo. Les di pistas y ejemplos de cuerpos no macizos como la tapa de un esfero, o el interior hueco de un esfero. A lo cual ellos completaban con ejemplos enunciando que un esfero, es un cuerpo no macizo (1 grupo), luego mencionaron cuerpos no macizos como un balón, una botella y cuerpos macizos como un bloque de madera. Los estudiantes en su mayoría comenzaron a construir cuerpos de forma curva no maciza, (un grupo construyó una especie de vasija pequeña de plastilina, la cual flotó. Posteriormente le abrieron un hueco pequeño en el fondo y observaron cómo poco a poco esta se hundió).

Con relación a la tercera pregunta, un grupo planteó inicialmente que el Titanic se hundió porque se partió, mientras que el barco Costa Concordia que estaba medio volteado a principios del año 2012 cerca a las costas de Italia, no se hundió, quedó flotando. Por tanto les suministre dos medias cáscaras de huevo a un grupo, y sugerí rotarlas grupo por grupo. Les pedí a los integrantes de grupo que explicaran la pregunta: ¿Al cambiar de posición la cáscara de huevo, esta flota siempre?. Algunos grupos antes de manipular las cascarras negaron diferencia alguna con el cambio de posición, porque de todas formas habría aire entre estas y el agua. Pero luego de manipular y observar el fenómeno ocurrido, es decir cuando estuvo la cáscara boca

arriba flotó y cuando la cáscara estuvo boca abajo se hundió, concluyeron que si hay dependencia de la ubicación del cuerpo para su flotación. Compararon la situación de la cáscara de huevo, con la posición de un barco para que este flote.

Dibujaron figuras planas y no macizas flotando y figuras sólidas, como aros, cilindros, cubos y esferas en el fondo del recipiente. También dibujaron la media cáscara de huevo boca arriba flotando y la media cáscara boca abajo en el fondo del agua.

La gran mayoría de estudiantes estableció que los cuerpos sumergidos en el agua con forma de luna, de canoa o de vasija flotaron, mientras que los cuerpos con forma sólida como pirámides, cubos, cilindros o esferas no flotaron.

Sólo dos grupos pequeños tuvieron dificultad para armar figuras con la plastilina para que flotaran en el agua. Los grupos restantes observaron diferencias en el fenómeno de flotación respecto a la forma de los cuerpos. Uno de los grupos realizó un huevo no macizo de plastilina, el cual flotó en el agua.

Los estudiantes concluyeron en la socialización de explicaciones la dependencia de la forma de los cuerpos para que estos floten, la dependencia de la ubicación u orientación de un cuerpo para que este flote y por último, explicaron que efectivamente si un barco se voltea totalmente, este va al fondo del agua, lo establecieron por comparación con la media cáscara de huevo.

ACTIVIDAD 4 DEL PROFESOR RAUL SOBRE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE LÍQUIDO EN LA FLOTACIÓN

Inicié la clase a las 12: 40 p.m. con el grupo 1002, integrado por 32 estudiantes de grado décimo jornada tarde del colegio Vista Bella IED. Les aclaré a los estudiantes que era muy importante el desarrollo de sus propias explicaciones. Para orientar el proceso de investigación de mis estudiantes les planteé dos preguntas: a) ¿Influye el tipo de líquido para que un cuerpo sumergido en este flote? ¿Por qué?, b) ¿En cuál de los siguientes líquidos cree usted que flota más un cuerpo: agua, aceite, gaseosa, agua con sal y alcohol?.

Les pedí a los estudiantes que se organizaran en los mismos grupos que conformaron desde la primera actividad (seis grupos de cinco estudiantes cada uno). Cuando se organizaron los grupos di inicio a la actividad. Se manifestaron explicaciones similares entre los integrantes, respecto a las respuestas de las preguntas. Ante la primera de ellas, todos los grupos respondieron que sí influye el tipo de líquido en la flotación, y cada grupo mencionó aspectos como densidad, espesor, componentes de cada líquido y textura. La mayoría de los grupos mencionaron la densidad, como factor influyente. Mientras que para la segunda pregunta la mitad de los grupos coincidieron en escoger el aceite como el líquido en

el cual flotaría más un cuerpo. Un grupo escogió la gaseosa, otro el agua con sal, otro el agua sola y otro escogió tanto aceite como gaseosa.

Diez minutos después de iniciada la actividad se realizó una socialización con las respuestas a las dos preguntas enunciadas antes de realizar el experimento con el material. En la socialización se visualizó que hasta este momento existían dificultades para definir la densidad de los cuerpos, y que los estudiantes por tratar de defender sus explicaciones, afirmaron que el aceite era más denso que el agua por ser más espeso o más viscoso. El grupo que escogió la gaseosa como el líquido en el que mayor volumen del cuerpo permanece por encima de la superficie, señaló que la gaseosa tiene un gas, que impulsa el cuerpo hacia arriba.

Luego les entregué el material que por cada grupo constaba de un vaso desechable y botellas con: agua, agua con sal, aceite, bebida gaseosa y alcohol. Los estudiantes comenzaron la actividad experimental llenando los vasos con los líquidos anteriormente señalados. Luego tomaron un trozo de madera y lo introdujeron en uno de los vasos, observaron la porción de madera sumergida y la emergente, midieron y tomaron apuntes y luego realizaron el mismo procedimiento con los demás líquidos para establecer la diferencia entre la flotabilidad para cada uno de los líquidos.

Procedimos a realizar la socialización de la siguiente forma: cada grupo determinó sus conclusiones y luego se estableció una conclusión general.

Con base en la primera pregunta, hubo un acuerdo total de la influencia del líquido en la flotación, sin embargo la respuesta estuvo relacionada con variables involucradas como: el espesor del líquido, la viscosidad y la densidad del líquido.

Para verificar la segunda pregunta los estudiantes se dieron cuenta después de manipular el montaje, que el aceite fue el líquido en el que menos flotó la madera. Esto les causó una gran sorpresa y sus expresiones faciales daban a entender que no entendían por qué sucedió. En el caso de la gaseosa, varios grupos explicaron que esta al tener un gas, dicho gas empujaba el cuerpo hacia arriba. La mayoría de los grupos afirmó que el cuerpo flotó más en agua con sal y menos en aceite.

Dejé como tarea la elaboración de un trabajo de consulta orientado por las preguntas ¿si el hierro es más denso que el agua, porque los barcos flotan?, ¿Por qué se hundió el Titanic?, ¿En el momento en que inició el hundimiento del Titanic cambió de posición? y ¿En dónde flota más un cuerpo, en una piscina llena de agua de mar o en el mar?, donde se les recomendó utilizar todo tipo de fuentes bibliográficas y prepararse para exponerlo en la última actividad de la unidad.

ACTIVIDAD 6 DEL PROFESOR RAUL SOBRE LA IDENTIFICACIÓN DE LA FUERZA DE EMPUJE Y EL USO DE EXPERIENCIAS DE SEGUNDA MANO

Iniciamos la sesión mediante la observación de videos, uno sobre una explicación o respuesta a la pregunta ¿Por qué los barcos flotan y yo no?, y otro sobre la identificación de la densidad de unos clavos y unos malvaviscos por medio de la medida de su peso para luego sumergirlos en el agua y ver su flotabilidad

Una vez terminada la proyección de los videos, los estudiantes manipularon un buzo de Descartes y buscaron explicaciones a la flotación y hundimiento de un gotero de vidrio situado dentro de una botella llena de agua y tapada en relación con la fuerza aplicada sobre el mismo. Aquí dieron una explicación en referencia al agua que entraba en el gotero, y era que al observar mayor cantidad de agua dentro del gotero, este obtuvo mayor peso, no mencionaron el volumen del gotero pero al preguntarles si había cambiado, ellos dijeron que no; esta pregunta los llevó a relacionar un aumento en la densidad del gotero para producir el hundimiento.

Luego opinaron sobre aspectos de su trabajo y dieron respuestas a algunas de las preguntas que estaban incluidas en el mismo. En cuanto a la pregunta ¿si el hierro es más denso que el agua, ¿por qué hay barcos construidos en hierro?, surgieron respuestas interesantes. Algunos estudiantes afirmaron que no importa la densidad del material sino la densidad del conjunto, es decir, del barco debido a que el hierro es más denso que el agua pero tiene grandes cavidades interiores que al estar ocupadas por aire, le bajan mucho la densidad al barco y lo hacen flotable. Esta respuesta claramente sólo puede ser dada por estudiantes que consultaron distintas fuentes de información; en este caso lo importante no fue la producción de una explicación sino la comprensión de explicaciones científicas.

Cuando llegamos a los motivos del hundimiento del Titanic sucedió algo curioso y fue que hablaron de muchas causas que no tenían que ver directamente con la flotabilidad, como por ejemplo afirmaron que el barco se hundió por la mala calidad del acero y otros que el acero se debilitó por las bajas temperaturas. Les llamó mucho la atención que la versión sobre la forma en que sucedieron los hechos difería mucho de la mostrada en la película, la cual hasta este momento consideraban como verdad. Todo esto los motivó mucho y cuando les planteé la pregunta ¿si fueran diseñadores de barcos, cual solución propondrían para rediseñar el Titanic para que no se hundiera?, un estudiante dijo que llenar los compartimientos con madera, icopor u otro material para evitar que se llenaran de agua.

La última parte consistió en utilizar tres esferas del mismo tamaño pero de diferentes materiales y densidades distintas, donde observaron lo sucedido al empujarlas hacia el fondo del recipiente con agua. Lo más destacado fue que cuando les estaba dando

las instrucciones para realizar la actividad, un buen número de estudiantes predijo lo que sucedería al empujar cada una de las esferas hacia el fondo; ellos afirmaron que las esferas serían empujadas hacia arriba por el agua. Cuando realizaron la práctica pudieron ver que las esferas que más fuerza hacían hacia arriba eran las de menor densidad y a su vez comprendieron que la flotación sucede no sólo por las características del cuerpo que flota sino del líquido dentro del cual se encuentra sumergido.

6 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En esta sección se presenta el análisis del desarrollo de una Propuesta de aula titulada: “Enriquecimiento de explicaciones de los adolescentes sobre el fenómeno de la flotación de cuerpos”. Para este análisis utilizamos herramientas propias de la “metodología de investigación por diseño” que, como lo mencionamos en la sección 4.2, consiste en la triangulación de información obtenida por diferentes medios. Esto nos permitió hacer que la información fuera complementaria.

Para presentar este análisis nos proponemos: a) describir las explicaciones iniciales de los estudiantes sobre la flotación y su evolución durante su participación en el desarrollo de la didáctica (sección 6.1); b) valorar el aporte del trabajo intragrupo e intergrupo en el desarrollo de las explicaciones de los estudiantes (sección 6.2); c) discutir la incidencia de la participación de los estudiantes en investigaciones de primera y segunda mano en el desarrollo de sus explicaciones (sección 6.3); d) conocer los medios y fuentes de comunicación existentes en la implementación didáctica (sección 6.4) y e) reflexionar sobre el papel que jugaron las preguntas en el desarrollo de la propuesta de aula (sección 6.5).

6.1 EXPLICACIONES INICIALES Y SU EVOLUCIÓN

Las explicaciones iniciales fueron diversas para cada colegio, posiblemente por el contexto escolar que había en cada una de las instituciones educativas y debido a esto presentamos por separado los casos para cada una de las dos instituciones.

6.1.1 EXPLICACIONES INICIALES

La primera actividad tuvo como intención dentro de la investigación, ser un instrumento de identificación de las explicaciones que inicialmente daban los estudiantes sobre la flotación de los cuerpos, debido a esto iniciamos con la pregunta ¿por qué flota la madera en el agua?, haciendo referencia al montaje experimental sugerido para esta actividad que no solo perseguía las explicaciones iniciales, sino también la identificación de relaciones entre las magnitudes que intervienen en el fenómeno. Además de conocer sus explicaciones sobre el fenómeno, nos dimos a la tarea de analizarlos para poder utilizar dicha información en el rediseño de las actividades posteriores que tenían como finalidad la elaboración de explicaciones mucho más completas y coherentes por parte de los estudiantes.

CASO COLEGIO VISTA BELLA

Esta práctica se caracterizó principalmente por la influencia de los estudiantes de parte de la clase de ciencias naturales en grado noveno donde les explicaron el concepto de densidad, el cual fue vinculado a las explicaciones sobre flotabilidad. Hubo un aspecto que llamó la atención y fue el hecho de que en la clase de ciencias no les explicaron sobre flotación, o al menos no directamente, pero como se puede observar en la tabla 8, la mayoría coincidieron en relacionar la flotación con la densidad.

Tabla 8. Cantidad de respuestas que fueron iguales o similares evidenciando la influencia de unos estudiantes sobre los otros.

Respuesta	Número de estudiantes
El palo pesa menos que el agua	2
Hay más agua que madera	1
El agua es más densa que la madera	17
La madera es más densa que el agua	11

Cuando los estudiantes dieron explicaciones referentes a ¿por qué flota la madera en el agua?, lo hicieron en función de la densidad sin definirla ni medirla. Hay algo claro y es que los estudiantes explicaron la flotación en términos de diferencia de densidades entre el agua y la madera pero no tuvieron clara esta diferencia de densidad en la flotación.

También se pudo analizar la respuesta de quienes dijeron que la flotación se debe al peso del cuerpo flotante, otra cosa diferente es que, además del peso, la flotación también tiene relación con el volumen que ocupa el cuerpo, puesto que este es otro de los aspectos que influyen en el fenómeno. Respecto a lo dicho, una joven respondió en forma oral que la flotación se debía al peso pero también al volumen del cuerpo flotante.

Los conocimientos previos se convirtieron algunas veces en un obstáculo para que los estudiantes hayan explorado sus diferentes ideas, debido a que los limitó en cada una de las prácticas; Aunque se les dio gran libertad para el análisis de la situación, la mayoría de las respuestas y opiniones de los jóvenes se refirieron a la densidad, en algunos casos como el único factor a tener en cuenta para que la flotación fuera posible.

También pudimos observar que los conocimientos previos de los estudiantes estuvieron influenciados por la clase de ciencias naturales, debido a la

homogeneidad en sus respuestas y porque ellos mismos lo mencionaron. Podemos pensar que los jóvenes tienen explicaciones para el fenómeno de la flotación pero posiblemente se preocuparon por explicar la situación enunciada en términos de los conceptos estudiados en una clase de ciencias y no con su propio lenguaje, posiblemente por temor a equivocarse y porque entendieron las enseñanzas del docente como una referencia para la construcción de su conocimiento.

CASO COLEGIO CLASS ROMA

En el colegio Class los conocimientos previos de los estudiantes, ayudaron a comunicar sus pensamientos respectivos por medio de la pregunta motivadora de la primera actividad.

Hubo una gran diferencia de explicaciones respecto al colegio Vista Bella en la primera actividad porque sólo un grupo mencionó la densidad como causa de la flotación de los cuerpos, debido a que posiblemente no habían tenido una explicación reciente sobre el concepto de densidad, esto hizo posible que los estudiantes dieran a conocer sus propias explicaciones. Sin embargo hubo diversidad en el sustento de dichas explicaciones debido a que dentro de los grupos se analizaron diferentes variables influyentes en la flotación como: el peso, el tamaño, el material, el aire filtrado en el cuerpo, cantidad de líquido y forma. El desarrollo de las actividades permitió que los estudiantes exploraran dicha diversidad de variables involucradas en el fenómeno.

En cuanto a la dependencia del tamaño del cuerpo flotante, los estudiantes opinaban que la flotación si dependía de dicha variable.

En cuanto al tipo de líquido en el cual se sumergía el cuerpo flotante, los estudiantes pensaban que el cuerpo flotante, flotaría más en el aceite que en el agua puesto que este líquido es más espeso (viscoso) que el agua.

6.1.2 EVOLUCIÓN DE LAS EXPLICACIONES

En las actividades siguientes a la inicial se observaron evoluciones en las explicaciones iniciales de los estudiantes, tanto en el momento de la manipulación con materiales, como en la interacción con sus compañeros de clase y las consultas sobre el tema.

Los estudiantes del colegio Vista Bella tuvieron un eje primordial de comprensión de un fenómeno como la flotación en el desarrollo de la primera actividad. Se dieron cuenta que las explicaciones de carácter memorístico que parten de otra clase como la de Química no son suficientes para explicar el fenómeno de la flotación. Enunciar

solamente la densidad como factor imprescindible en la flotación no garantiza que la explicación sea completa.

En cada actividad se establecieron determinadas categorías o variables (tamaño, forma, clase de líquido, posición del objeto, material, etc) a identificar con el fin de facilitarles a los estudiantes el estudio de una variable a la vez, para que establecieran si había o no relación con la flotación. El análisis de estas categorías estuvo relacionado con el tipo de grupo, el intercambio de ideas en su interior, la participación de sus integrantes y un aspecto particular de observación que continuaba en las diferentes fases de la actividad.

Al hacer un análisis de la información recopilada, se categorizaron diferentes ideas en los grupos.

CASO COLEGIO CLASS ROMA

Con base en la primera pregunta se observó que los estudiantes del colegio Class enunciaron múltiples ideas, las cuales no pudieron relacionar entre sí, hablaron de peso, densidad, cantidad de agua, aire dentro de la madera, entre otros aspectos. Sin embargo los mencionaron por separado, pero al intentar profundizar en uno de estos, añadieron otro u otros.

Los estudiantes establecieron diferentes niveles de flotación, cuando afirmaron que un cuerpo se hunde un poco más o un poco menos en el agua. Esto nos permitió proponer que la segunda actividad estuviese basada en comparar la dependencia de la flotación respecto al tamaño del cuerpo sumergido; analizando una relación de orden entre dos cuerpos del mismo material pero de diferente tamaño, los cuales están flotando. Actividad en la cual se notó una diversidad de opiniones en los grupos ya que hubo confusión en los estudiantes al distinguir la fracción sumergida de un cuerpo en el agua con el volumen sumergido de dicho cuerpo. Por tanto muchos determinaron dependencia del tamaño de un cuerpo en su flotación.

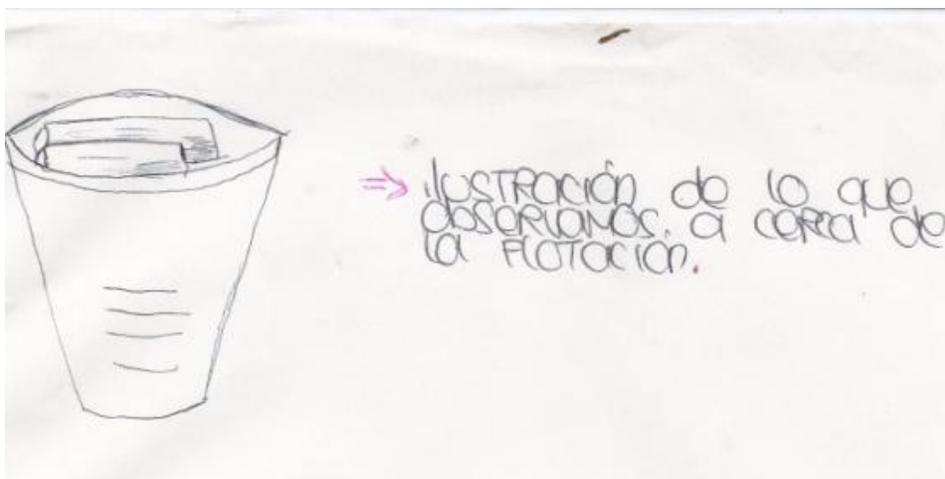


Figura 6. Dibujo inicial de un grupo del colegio Vista Bella durante la primera actividad

En las primeras tres actividades los chicos se centraron en analizar el comportamiento del bloque, ¿Que fuerza ejerce?, ¿De qué material esta hecho?, ¿Cuál es su tamaño?, ¿Qué forma tiene?. Por tanto su objeto de estudio en estas actividades no fue el comportamiento del líquido (agua. Sin embargo cuando se propuso la pregunta ¿Por qué flota la madera en el agua? produjo un direccionamiento para que la línea de estudio fuera el bloque de madera y para que todos los estudiantes profundizaran en sus características. Es posible relacionar este tipo de explicaciones de los estudiantes con un primer nivel o fase, en el cual discuten y exponen características presentadas en el fenómeno de flotación pero de forma aislada e incompleta. No pudiendo sustentar determinadas preguntas sobre el fenómeno enuncian una u otra característica, sin relacionar por ejemplo algunas cualidades del cuerpo con cualidades del agua.

Teniendo en cuenta el número de grupos (7) del colegio Class Roma, la tabla 9 muestra las principales causas de flotación tenidas en cuenta por los estudiantes en la primera actividad.

Tabla 9. Número de grupos que señalan la misma causa de la flotación de la madera.

Causa principal por la cual flota la madera en agua.	Número de grupos que tuvieron en cuenta dicha causa.
Peso de la madera	3
Material	5
Forma	1
Tamaño	3
Cantidad de líquido	1
Densidad	1

Observamos que la mayoría de estudiantes del colegio Class Roma determinó en la primera actividad ciertas características del cuerpo para su flotación. El material del cuerpo fue la principal variable enunciada por ellos, tal vez porque han manipulado objetos de diversos materiales, incluyendo diferentes clases de madera y han observado una especie de agujeros dentro de algunos cuerpos de madera, los cuales varían en tamaño. Entonces los muchachos tienen una primera impresión al considerar solamente el tipo de material, sin importar su forma o densidad en su esencia para la flotación. El peso y tamaño del cuerpo siguen en orden de importancia como se aprecia en la tabla 2. Algunos grupos afirmaron que un pedazo de madera puede ser tan grande y pesado que llega a hundirse en el agua. Por tanto existe la seguridad en los estudiantes de que cuando un cuerpo aumenta de peso, casi que necesariamente este aumenta de tamaño. Solamente un grupo relacionó la densidad (del cuerpo) como causa principal en la flotación pero aun no precisaban la forma en que esta influía en la flotación. Solo un grupo asoció la cantidad de líquido con la flotación.

Con base en la segunda pregunta ¿La flotación depende del tamaño del cuerpo? , aunque en conjunto los estudiantes observaron diferencias en los bloques respecto a la cantidad sumergida y por encima de la superficie, expresaron en su mayoría la no dependencia del tamaño del bloque en la flotación. Vemos en la figura 7 que un grupo manifestó la dependencia del tamaño de los cuerpos en la flotación en forma escrita, sin embargo según el dibujo podemos observar que muestran una no dependencia.

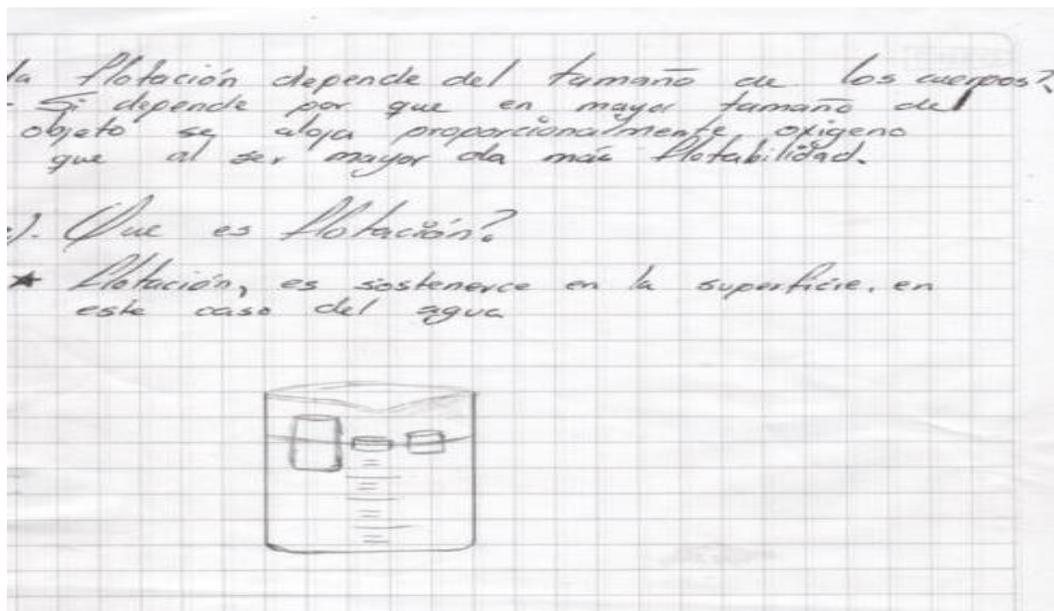


Figura 7. Igual fracción sumergida y por encima de la superficie de los cuerpos flotantes. Elaborado por estudiantes del colegio Class Roma.

En el desarrollo de la tercera actividad, donde se citaron tres preguntas importantes vinculadas con la forma y posición de un cuerpo, se determinó una influencia radical de estos dos aspectos en flotación por parte de los estudiantes. Antes de las secciones de manipulación y trabajo colaborativo, existieron dudas en los chicos respecto a la dependencia o no de la posición y forma de los cuerpos flotantes en la flotación, pero luego de estas dos secciones las conclusiones para esta actividad fueron claras en el grupo general ya que la manipulación del cuerpo sumergido por parte de los estudiantes, les permitió verlo flotar y no flotar dependiendo de la forma y estructura maciza o posición del cuerpo flotante.

Cabe notar que varios grupos, gracias a su trabajo intragrupo y los diferentes modos de comunicación efectuados que manejaron, confrontaron sus ideas previas diseñando cuerpos no macizos que si flotaron en el agua tales como un cascarón esférico de plastilina y vasijas; como cuerpos macizos de la misma plastilina, los cuales si se hundieron. Por medio de sus dibujos explicaron el hundimiento de un cuerpo al invertir la posición, por ejemplo de media cáscara de huevo, que estuvo flotando boca arriba y se hundió cuando se le cambió su posición a estar boca abajo.

Alrededor del desarrollo de las actividades fueron enriqueciendo y modificando ideas, como por ejemplo la relacionada con el aceite, cuando explicaron que por ser este líquido más (espeso) que el agua, haría que la esferita de madera flotase más en él y se sumergiera más, en el agua. Esta idea previa fue totalmente modificada cuando interactuaron con el montaje y en el trabajo colaborativo.

Antes de manipular la cáscara de huevo, algunos grupos afirmaban que media cascara de huevo flotaría en el agua estando boca abajo, ya que el interior de la cascara contiene aire, además del aire que está entre la cáscara y el agua. También establecieron hipótesis sobre la media cáscara de huevo en posición boca arriba hundiéndose, porque el aire contenido en el interior de la media cascara no era suficiente para que esta flotara. Después de manipular las cascara de huevo, para estos casos mencionados, los estudiantes se dieron cuenta que sus explicaciones después de la manipulación fueron diferentes a sus hipótesis. Por ejemplo el grupo de estudiantes que siempre mencionó el aire como un agente indispensable en la flotación de un cuerpo sobre el agua, después de manipular la cáscara de huevo, como dijimos algunos párrafos atrás, dicho grupo realizó un huevo de plastilina (con aire por dentro), el cual flotó fácilmente en agua lo mostró ante el grupo, donde los compañeros observaron asombrados ya que simulaba ser un cuerpo macizo.

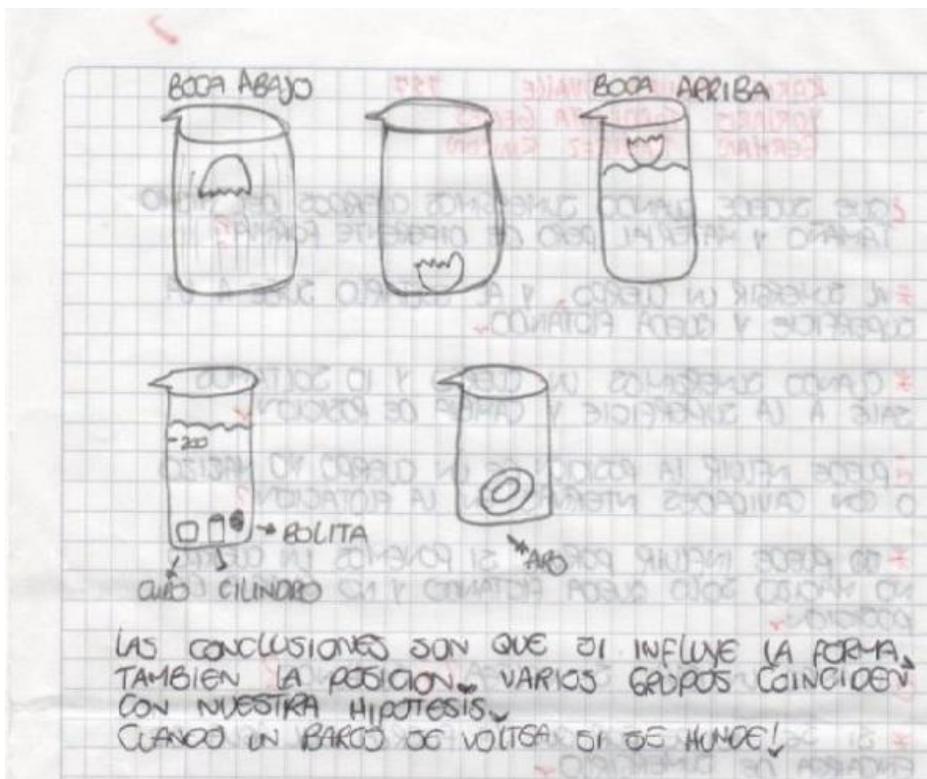


Figura 8. Media cáscara de huevo flotando y hundiéndose. Manifestación de la dependencia de forma y posición en la flotación. Hecho por estudiantes del colegio Class Roma.

En las últimas actividades los muchachos asociaron comportamientos de los cuerpos con situaciones vistas o escuchadas de la vida, como el trágico hundimiento del transatlántico “Titanic”, el volcamiento del barco “Costa Concordia”, la flotación de un cuerpo humano muerto, la flotación de un cuerpo humano en agua salada; donde de nuevo, los estudiantes asociaron el aire dentro de un cuerpo como un agente importante para su flotación.

Por el desarrollo en las explicaciones durante el avance de la aplicación de la propuesta de aula, podemos interpretar una evolución en las explicaciones hechas por los estudiantes.

Después de manipular los montajes con diferentes líquidos (agua sal, bebida gaseosa, alcohol, aceite y agua); los estudiantes explicaron una influencia del líquido en la flotación del cuerpo flotante, compararon líquidos que caracterizaron espesos, como el aceite, donde en un principio la gran mayoría de ellos afirmaron que existe mayor flotabilidad de un cuerpo sumergido en el aceite. Utilizaron diversos instrumentos para determinar resultados, en los cuales dedujeron que las apariencias pueden confundir a las personas y por tanto estas pueden dar diversas conclusiones que no corresponden a la realidad. Los estudiantes tomaron datos y observaron los elementos, teniendo precaución de llenar los vasos con igual cantidad de líquido,

suspendiendo un cuerpo de igual forma, tamaño y material. A medida del desarrollo de actividades trabajaron de manera más autónoma, estableciendo explicaciones más elaboradas que en un principio.

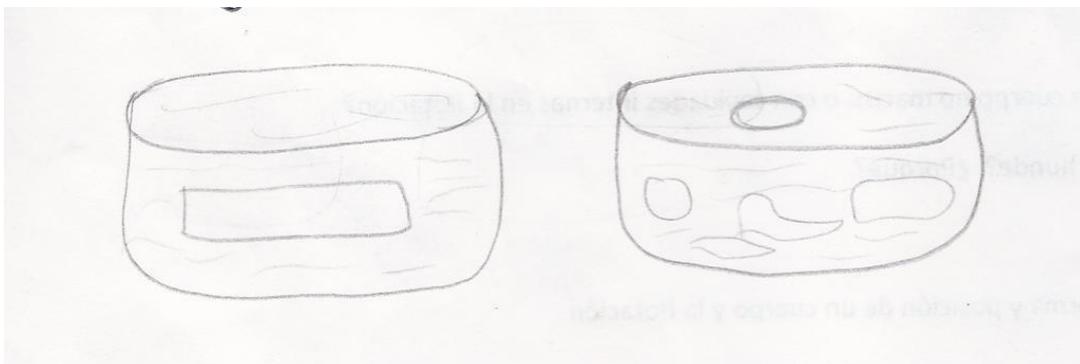


Figura 9. Manifestación de la influencia de la forma de los cuerpos en la flotación. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Cuando los estudiantes cambiaron el recipiente con igual cantidad de líquido, establecieron rápidamente la dependencia del tamaño del recipiente en la flotación de los cuerpos. Antes de hacer la manipulación si existieron dudas sobre las explicaciones al respecto.

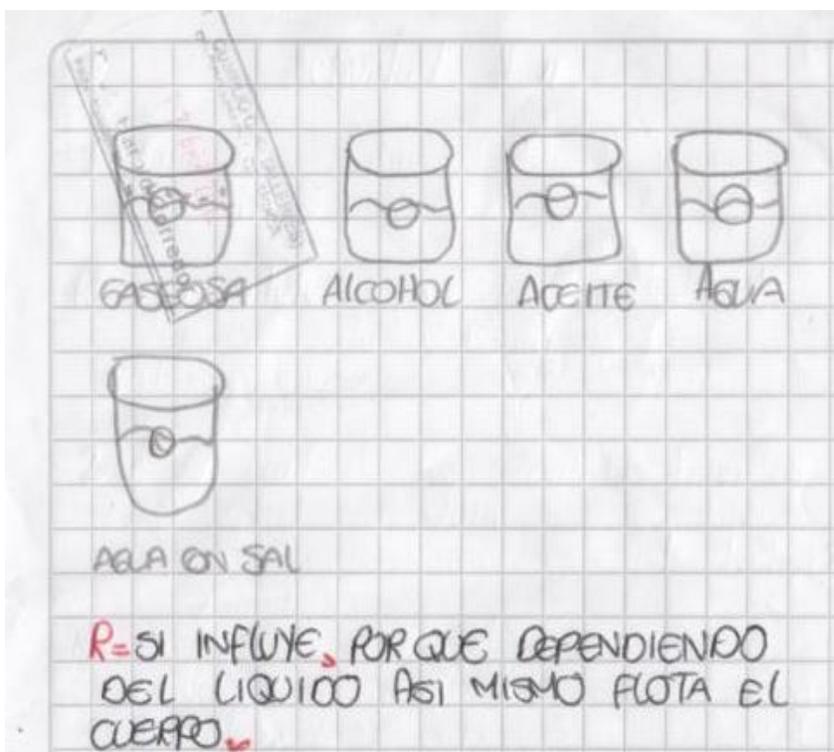


Figura 10. Manifestación de la influencia del tipo de líquido en la flotación por diferencias en las fracciones sumergidas del cuerpo flotante. Hecho por estudiantes del colegio Class Roma.

Los muchachos concluyeron en la quinta sesión que hay influencia de la cantidad de líquido determinada para que un cuerpo pueda flotar. Una cantidad mínima necesaria de agua debe estar en el vaso para que esta haga que el cuerpo flote. También concluyeron que cuando el cuerpo está flotando, no importa la cantidad de líquido que se agregue al recipiente, porque este seguirá flotando.

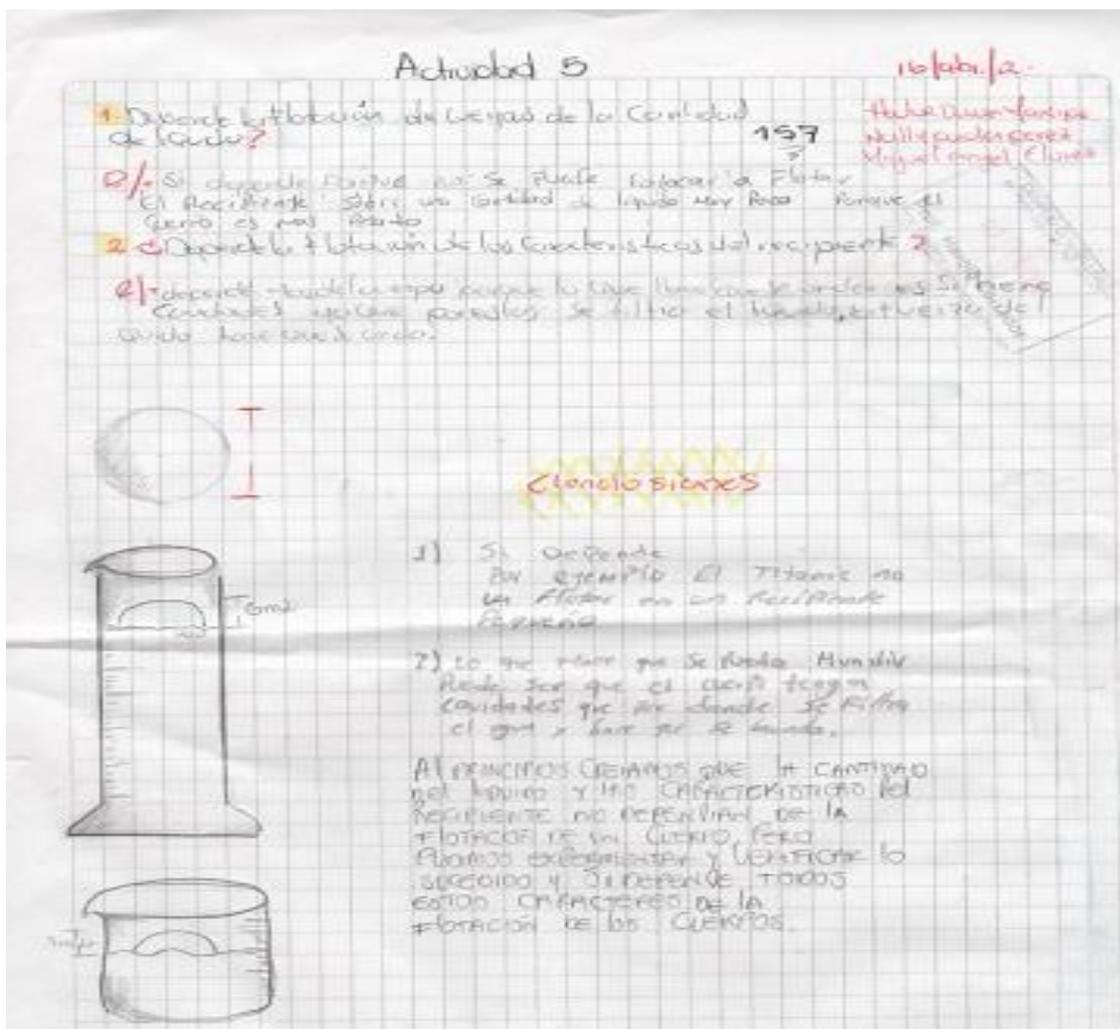


Figura 11. Comparaciones hechas por estudiantes con diferente cantidad de líquido para analizar la flotación de un cuerpo.

Los estudiantes fueron avanzando en el desarrollo de sus explicaciones. Aunque surgieron nuevas preguntas, las conclusiones que se estructuraron fueron uniformes y contundentes en el grupo general.

Al observar el primer video de flotación, los estudiantes pudieron comparar las actividades realizadas anteriormente, con las vistas en el video, pero con otros materiales diferentes a la madera, como el papel aluminio, los malvaviscos, puntillas

y otros. Los estudiantes pudieron acceder a información asociada con sus trabajos por otros medios de comunicación como la internet, libros, televisión, etc. Lo cual les pareció divertido. Otros signos y modos de comunicación sirvieron de ayuda en la consolidación de explicaciones establecidas.



Figura 12. Joven del colegio Class Roma jornada tarde tratando de mantener la esfera de madera sumergida en el agua. Actividad 6 segunda parte.

Los estudiantes observaron y manipularon el buzo de Descartes (consiste en una botella litro y medio llena de agua, la cual antes de ser tapada, se le introduce un gotero de vidrio. Después de ser tapada, se observa el gotero en la parte superior, pero al presionar la botella el gotero se hunde, si se deja de presionar la botella, el gotero vuelve a subir).

La última parte de la actividad final consistió en que los grupos de estudiantes con ayuda de vasos, agua y una esfera de madera mantuvieron sumergida una esfera por un determinado tiempo, haciendo fuerza sobre dicha esfera hacia abajo con uno o varios dedos de la mano, o con ayuda de otros elementos como reglas, lápices o borradores. Los estudiantes ratificaron la existencia una fuerza ejercida por el agua sobre la esfera y que esta fuerza estaba dirigida hacia arriba. Trataron de hundir la madera pero esta no se dejaba, entonces utilizaron reglas, un dedo o varios dedos, hasta que consiguieron mantener por un rato la esfera sumergida totalmente. Evidentemente sintieron en sus dedos la presencia de dicha fuerza llamada empuje, la cual es efectuada por el líquido sobre la esfera.

Durante la ejecución y al final de la aplicación de la propuesta de aula, las explicaciones de los estudiantes fueron cambiando. Se notó mayor confianza y espontaneidad por parte de algunos estudiantes que mostraron timidez en el principio de la aplicación de la propuesta de aula.

CASO COLEGIO VISTA BELLA

Cada actividad tuvo una intención direccionada a partir de las preguntas planteadas inicialmente y el manejo del montaje experimental sugerido para el desarrollo de cada una de ellas; pero debido a las necesidades propias de la situación y al método de investigación, algunas de estas actividades sufrieron un cambio durante su ejecución, o al menos un ajuste a la forma de lograr una evolución notoria en las explicaciones iniciales.

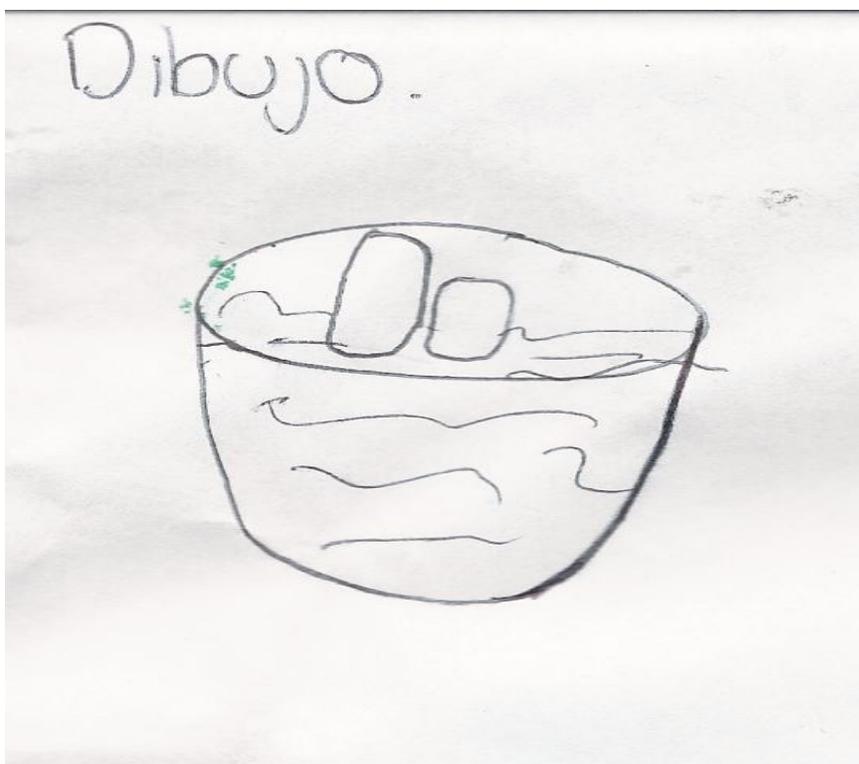


Figura 13. Dibujos realizados en las primeras actividades por estudiantes del colegio Vista Bella. Donde se nota poca claridad en la explicación.

Aplicamos en la primera actividad un trabajo libre y sin condiciones especiales, sin parámetros de respuesta. Buscamos respuestas que reflejaron la creatividad de los estudiantes en el análisis y la explicación de la pregunta ¿por qué los cuerpos flotan?. Pero para el caso Vista Bella los estudiantes inicialmente esperaron más instrucciones para poder dar una respuesta; no fue suficiente con observar un trozo de madera flotando y finalmente la mayoría de ellos terminó respondiendo estas preguntas en función de la densidad del cuerpo, debido a una explicación realizada a

ellos por el docente de química de la institución unos meses antes. Inicialmente la mayoría de estudiantes afirmó que la madera flota en el agua por la densidad, pero casi la mitad dijeron que la densidad de la madera era mayor que la del agua (tabla 3). Como en esta actividad la intención fue conocer las explicaciones de los estudiantes sobre el ¿por qué los cuerpos flotan?, en general durante su desarrollo no observamos evolución de las explicaciones debido a que era una actividad que nos proporcionaba un diagnóstico; sin embargo, en general se convirtió en un punto de referencia para comparar las explicaciones desde ésta actividad hasta la última.



Figura 14. Flotación de bloques de diferente tamaño. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Para la segunda actividad la intención fue conocer una explicación sobre la influencia del tamaño de un cuerpo en la flotación. Para el caso del colegio Vista Bella dicha intención se vio afectada por la explicación previa en la clase de química dirigida a los estudiantes sobre la densidad de los cuerpos; que hemos mencionado anteriormente. En este momento, la mayoría de los grupos concluyeron que la flotación no dependía del tamaño sino de la densidad del cuerpo.

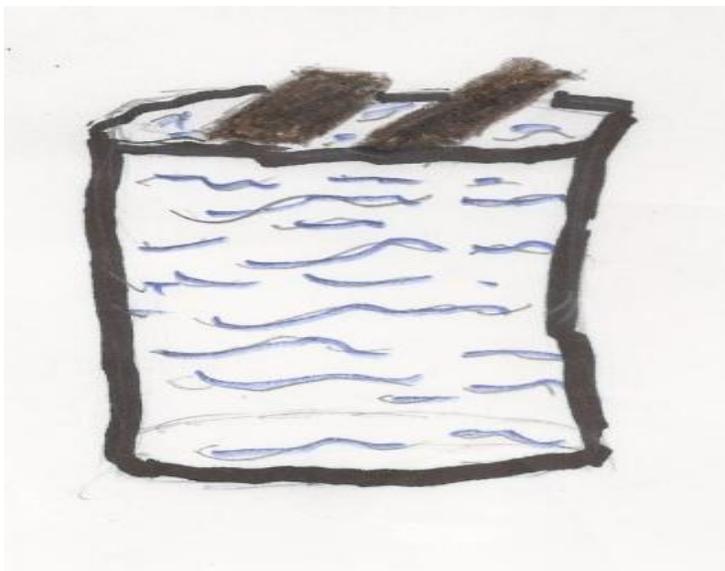


Figura 15. Dibujo que muestra poca claridad en la flotación de cuerpos de diferente tamaño. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

La tercera actividad buscó que los estudiantes establecieran una relación entre la forma y la posición de los cuerpos y su influencia en la flotación. Aquí hubo una evolución notoria en las explicaciones de un buen número de estudiantes, puesto que ellos tuvieron la oportunidad de obtener sus propias conclusiones por medio de la manipulación de los elementos proporcionados para identificar las variables de forma y orientación de los cuerpos como factores que influyen en la flotación de los cuerpos.

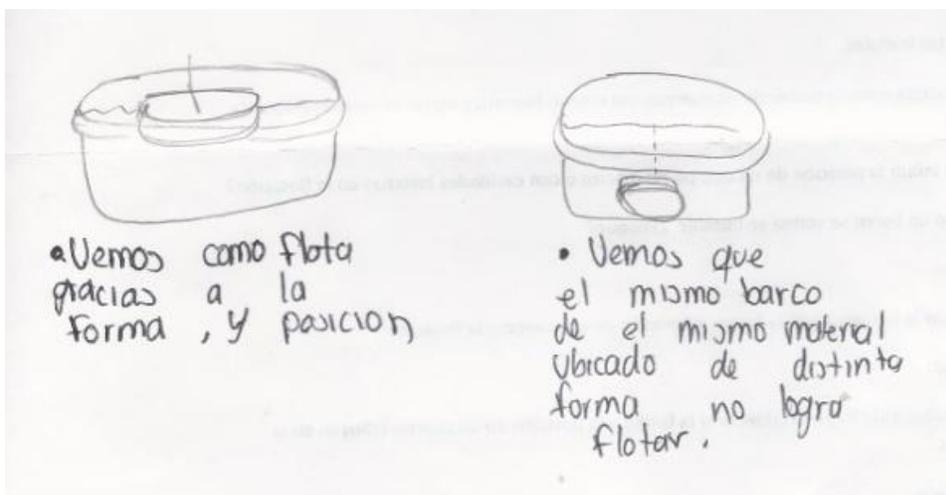


Figura 16. Ilustración que clarifica la dependencia de la posición de un cuerpo para que flote. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

La cuarta actividad permitió al estudiante explorar diferentes clases de líquido para establecer alguna relación entre la clase de fluido y la flotación de los cuerpos. En

este caso identificaron diferencias entre los líquidos, en especial para los que difieren mucho en su densidad. La evolución más importante fue al concluir que la viscosidad de un líquido no influye en la flotación de un cuerpo, puesto que observaron (contrariamente a lo que creyeron inicialmente, a un objeto flotando menos en el aceite que en el agua, la gaseosa, el alcohol y el agua con sal).

En la quinta actividad orientamos a los estudiantes hacia el análisis de la cantidad de fluido como un factor determinante o no en la flotación de los cuerpos. Llevamos a cabo una actividad donde cambiase la cantidad de líquido únicamente; puesto que los estudiantes tenían inquietudes al respecto; como el hecho de detectar una cantidad de líquido tan pequeña, la cual hacía que el cuerpo sumergido de madera tocara el fondo del recipiente. Esto nos permitió retomar la definición de flotación para aclararles a algunos estudiantes que el hecho de que un cuerpo toque el fondo del recipiente que contiene un líquido no significa flotar. Luego de aclarada esta situación, ellos se dieron cuenta que realmente la cantidad del líquido no influyó en la flotación de un cuerpo, cuando este no tocó el fondo.

La última actividad buscó utilizar herramientas didácticas complementarias, que se caracterizaron por su variedad en cuanto al tipo de recursos (videos, montajes demostrativos, lecturas previas para socializar, análisis de situaciones particulares como el hundimiento del Titanic, etc.) y la intencionalidad. Proporcionó nuevos elementos destacados principalmente por propiciar un acercamiento entre las variables involucradas en el fenómeno y las vivencias significativas asociadas a la flotación. Hubo aprovechamiento del material audiovisual que se encuentra publicado en páginas de internet como "YouTube" el cual nos permitió acceder a trabajos realizados por docentes de distintos países, perfeccionados por medio de experiencias específicas. Se realizó una actividad concluyente, práctica y complementaria en la cual los estudiantes participaron comentando sus inquietudes y curiosidades generadas principalmente por el trabajo de consulta realizado. De otro lado se presentó el montaje demostrativo "buzo de Descartes" donde ellos observaron el ingreso de agua dentro del gotero; afirmando que el peso total del gotero aumentó por el agua que ingresó. Finalmente experimentaron con un vaso y tres esferas de diferentes densidades para que identificaran la fuerza de empuje al tratar de hundir cada una, detectando una oposición. Muchos estudiantes al explicar el montaje afirmaron que al empujar la esfera hacia abajo, el agua la empuja hacia arriba, lo cual se constituyó en una forma de hablar sobre la fuerza de empuje como causa de la flotación.

CONTRIBUCIONES Y ASPECTOS IMPORTANTES DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA

Si bien la evolución de explicaciones no fue unánime hacia una meta determinada, hubo evolución en todos y cada uno de los estudiantes en diferentes aspectos. Inicialmente no había explicaciones sobre el ¿por qué? de su respuesta, pero al final de la última actividad, algunos de ellos utilizaron el concepto de densidad para justificar su explicación, como fue en el caso de la explicación a la pregunta ¿Por qué un barco fabricado en hierro flota?; aquí se puede observar que para explicar dicha pregunta, no sólo fue necesario participar en la realización de experiencias de laboratorio, sino que los estudiantes tuvieron que acudir a experiencias de segunda mano, en donde implicó un nivel alto el uso del concepto de densidad, como en el análisis de la densidad de un cuerpo como resultado de las densidades de varios materiales, ejemplo: la densidad de un barco, es el resultado de las densidades de elementos como: aire, hierro, madera, etc.

Algunos vieron la utilidad de la flotación, otros utilizaron el tema para entender otros temas como las causas del hundimiento del Titanic, diferentes a temas relacionados directamente con la flotación, otros relacionaron la flotación con la densidad de los cuerpos pero a un nivel superior al inicial, otros relacionaron la flotación con el empuje o la densidad del líquido pero estos grupos relacionaron todos los aspectos mencionados. También los aportes fueron didácticos debido a que nos mostraron caminos que no habíamos visto y que terminaron facilitando el aprendizaje sobre la flotación, pero que además pueden ser utilizados en la enseñanza de otros campos de las ciencias.

Otro elemento que contribuyó a la evolución de las explicaciones sobre flotación fue el uso de preguntas complementarias que despertaron la curiosidad y creatividad de los estudiantes, una de ellas fue “¿siempre flota la madera en el agua?”, dicha pregunta puso a los estudiantes buscar otros tipos de madera, sacar pequeñas astillas del bloque, entre otras acciones. Esto indica que hay que cambiar algunos planteamientos de actividades sobre la marcha debido a la existencia de preguntas no planteadas inicialmente indicando un camino que consistió en realizar acciones generadas por la necesidad inmediata de orientar a los estudiantes.

Este aspecto nos hace reflexionar sobre ¿qué es lo mejor?, ¿Acompañar a los estudiantes para que reciban una orientación permanente conociendo poco sobre sus propias explicaciones? o ¿Darles autonomía pero recibir pocas explicaciones debido a su dependencia con del docente?.

Hay tantas circunstancias en el aula que hacen que sea imposible que un docente aplique las mismas actividades didácticas a dos grupos ya sea en el mismo año o en años diferentes.

La disciplina en el aula es un ejemplo claro de la experiencia docente al beneficio del aprendizaje. Por lo tanto deben existir unas condiciones claras durante el desarrollo de la clase y unas medidas (contempladas en el manual de convivencia) que se deben tomar en caso de que uno o varios integrantes un grupo no estén en disposición para la realización de una actividad específica.

Comparamos diferentes grados de compromiso tanto individual como respecto a las actividades realizadas. Se notó mayor interés en responder a preguntas sobre el tipo de líquido, la forma del cuerpo flotante, el tipo de recipiente. Al contrario, en la primera pregunta ¿Por qué flota la madera en el agua? Hubo 2 grupos poco interesados en responderla. Respecto a la pregunta: ¿El tamaño del cuerpo influye en la flotación? Se notó poca claridad en las conclusiones de varios grupos. El interés se desvió al análisis del desequilibrio del cuerpo cilíndrico.

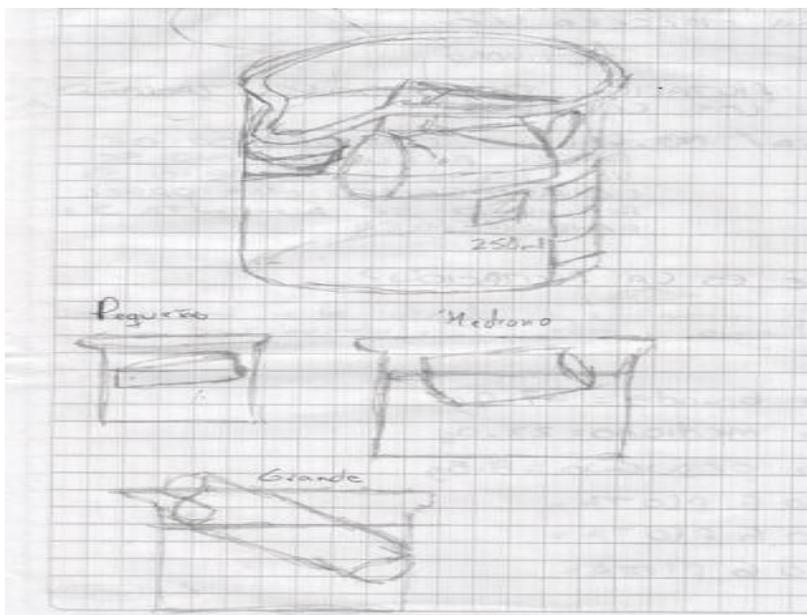


Figura 17. Algunos cuerpos cilíndricos flotando en diferentes posiciones. Hecho por estudiantes del colegio Class Roma. Situación que desvió un poco el objetivo de la actividad.

Es tanta la importancia de la calificación del desempeño de los estudiantes en una actividad que su uso se convierte en una herramienta de motivación, ellos toman la calificación como si fuera algo real y dependiendo de las circunstancias le pueden dar más importancia a la evaluación que a la alimentación y otras necesidades vitales o sociales. Esto sucede especialmente en estudiantes para quienes las

ciencias no son el área del conocimiento de su interés por tanto están predispuestos a no motivarse por las actividades.



Figura 18. Flotación de cuerpos de diferente tamaño. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Lamentablemente el evaluar es un problema que existe en la educación básica y media. El hecho de que en muchos casos los estudiantes cumplen con sus deberes académicos para obtener una calificación. Algunos de ellos al preguntarles ¿porqué realizan sus deberes académicos, por la calificación como objetivo principal o por el aprendizaje?, responden que a los padres de familia no les interesa si ellos aprendieron sino solamente les interesa si aprobaron cada una de las asignaturas o no.

Desde este punto de vista la evaluación no es una motivación sino un mecanismo de control, sin embargo si intentamos como docentes salirnos de este círculo vicioso, no lo lograremos debido a varios factores tales como: los demás docentes, los padres de familia, los comentarios de sus padres, amigos o familiares sobre sus experiencias como estudiantes en las cuales comentan las calificaciones y no los aprendizajes.

Para la aplicación de la propuesta de aula las circunstancias no fueron la excepción, de hecho cuando se realizó la primera actividad, lo primero que preguntaron algunos estudiantes fue si la participación de la misma sería motivo para obtener una nota. No les respondimos la inquietud y entonces esta situación se vio reflejada en la no participación de algunos estudiantes en dicha actividad.

Por tanto, la evaluación debe ser formativa, con intenciones positivas en un grupo de estudiantes, donde se observen periódicamente aspectos actitudinales y procedimentales, para que no se convierta en un único criterio, que perjudique emocionalmente a muchos. No se debe centrar en aspectos objetivos, que premien cada vez más a los estudiantes con mejor capacidad en temas científicos y afecte a un gran grupo de personas que sienten inseguridad al respecto. Fue fundamental el papel de la evaluación y calificación, tenido en cuenta a partir de la segunda actividad, puesto que tranquilizó a muchos estudiantes, quienes en una primera sesión, estaban muy distraídos con las grabaciones y notas realizadas sobre ellos.

Después de la primera actividad, se evaluó a los estudiantes por medio de incentivos, tales como calificaciones por participación, que hicieron parte importante en la nota definitiva de la asignatura. Estas calificaciones tuvieron en cuenta aspectos como: Interés del estudiante por el desarrollo de las actividades, orden con los materiales, capacidad de escucha de cada grupo de trabajo en el momento de la socialización y respeto hacia los demás integrantes de la clase. La aplicación de la propuesta de aula tuvo un buen desarrollo y ejecución, donde el grado de cooperación e intención por llegar al objetivo fue mejorando a través del transcurso del tiempo. El seguimiento y acompañamiento por parte del docente a sus estudiantes fue importante para obtener resultados positivos en una determinada acción. La manipulación de materiales, ayudó a relacionar los conocimientos previos, con sucesos vivenciados por niños y niñas sirviendo como ayuda en la explicación del fenómeno.

La nota siempre llamó la atención de los estudiantes, debido a su influencia familiar, social y personal. Ellos normalmente se comparan por sus notas, atribuyéndose números que indican niveles, aspecto que se convierte en un factor negativo para algunos.

Como en toda experiencia, las primeras actividades de la propuesta de aula fueron las más desfasadas con respecto al tiempo de su ejecución pero a medida que fuimos avanzando en la aplicación, los tiempos se fueron ajustando y acercando a los programados en un principio. La tabla 10 muestra un tiempo aproximado asignado para cada fase dentro de una actividad respectiva.

En este aspecto hay gran diferencia entre una actividad planeada con la intención de sistematizar sus resultados y una actividad que tenga como objetivo crear un espacio de aprendizaje sobre un tema específico de las ciencias físicas. Para el segundo caso hay puede haber más libertad y flexibilidad en el ajuste de los tiempos, debido a que no hay tantas preocupaciones sobre el cumplimiento estricto de un cronograma.

Tabla 10. Tiempo de cada fase o etapa por sesión

Fase	Tiempo en minutos
Explicación de la pregunta relacionándola con la cotidianidad	15 min
Interacción con el modelo y generación de avances intragrupo respecto a la explicación inicial	40 min
Elaboración de diagramas representativos de la actividad.	10 min
Socialización, trabajo intergrupo. Conclusiones	25 min

6.2 LOS GRUPOS COMO ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DE EXPLICACIONES

El desarrollo del trabajo social o grupal aporta al mejor aprendizaje de las ciencias y hace que los estudiantes utilicen una de las herramientas características de la comunidad científica para construir explicaciones.

Por tanto utilizamos esta estrategia de trabajo debido a que consideramos que los estudiantes pueden construir mejores explicaciones en grupo, por lo observado en nuestras experiencias personales en el aula y por los análisis de resultados de experiencias exitosas mencionadas en la sección 1.1.2. Conformamos grupos de trabajo donde los estudiantes dieron a conocer sus explicaciones al interior de cada uno, para luego construir una explicación representativa para todos. Durante el transcurso del proceso de desarrollo de explicaciones, se incrementaron las estrategias de participación, para no limitar los recursos que estuvieron a nuestro alcance, los cuales fueron valiosos a la hora de construir explicaciones. Por lo tanto cada etapa de las actividades de la propuesta de aula jugó un papel importante y estuvo relacionada con otras etapas que sirvieron de complemento en el desarrollo de explicaciones. Los grupos de trabajo en las primeras actividades; que en un principio nos parecieron improductivas, en realidad (tanto trabajo grupal como desarrollo de la actividad) desempeñaron un papel proyectivo. Sirvieron como punto de partida para el desarrollo del trabajo y permitieron conocer las explicaciones originales de los estudiantes.

Dentro de las estrategias de participación que utilizamos en la aplicación de la propuesta de aula, se incluyen las que tratan de resolver el problema planteado o al menos procuran disminuir al máximo el número de estudiantes que no participan en las actividades. Una de estas estrategias fue el desplazamiento permanente del docente por toda el aula, para observar detalladamente las explicaciones efectuadas por los grupos de trabajo.

Hubo dos aspectos desde el punto de vista colectivo muy importantes e influyentes en gran parte de las explicaciones realizadas por algunos de los grupos de estudiantes.

El primer aspecto de carácter colectivo identificado fue de las creencias o imágenes que tienen los estudiantes sobre sus compañeros. En el grupo del Colegio Vista Bella hay tres niños que tienen mucha credibilidad entre sus compañeros. Esto afectó la oportunidad de identificar conocimientos previos de cada uno de ellos porque algunos no dieron a conocer sus propias explicaciones, sino que dieron una igual o parecida a la dada por los estudiantes considerados por ellos “juiciosos”; afectando en un principio el desarrollo de las actividades haciendo que perdiéramos la oportunidad de conocer gran variedad de ideas y explicaciones diferentes, particulares y muy valiosas. Un factor para que esta situación se presente en la clase de ciencias es la inseguridad de algunos estudiantes y el miedo a equivocarse.

El segundo aspecto tiene que ver con alguna curiosidad que le permite a alguno de los estudiantes hacer algo diferente y que se convierte en atractivo para los demás. Cuando esto sucede, al igual que el primer aspecto, también es replicado por los demás; por ejemplo: en la segunda actividad al analizar si la flotación depende del tamaño del cuerpo sumergido, para el caso Vista Bella el trozo de madera más largo, si se empujaba hacia el fondo del vaso se quedaba atorado y no flotaba; uno de los niños hizo esta operación y le pareció muy gracioso, además lo exhibió y por supuesto la mayoría de los estudiantes al ver esta situación hicieron lo mismo con el material didáctico que tuvieron a su alcance. En el colegio Class un estudiante sumergió pedazos de madera demasiado pequeños, los cuales se movieron en círculo hacia el fondo del agua. Detalle particular que posteriormente socializo con el grupo general. O en una actividad posterior, en el momento de manipulación de la plastilina, no todos los grupos realizaron vasijas flotantes en un principio, construyeron cuerpos macizos que no flotaron en el agua, sin embargo al observar el cascarón de huevo hecho con plastilina flotante por uno de los grupos, surgieron nuevas ideas de diseño de cuerpos flotantes hechos con plastilina.

Estos aspectos hacen que las explicaciones de la mayoría de los estudiantes sean construcciones sociales más que individuales, cuando el maestro les pide escribir sus ideas en forma individual, ellos en algunas ocasiones buscan la forma de comunicarse con sus compañeros para conocer sus opiniones respectivas. Inicialmente puede ser una desventaja pero en las últimas actividades se convirtió en una herramienta de apoyo muy importante, porque al escuchar información y explicaciones de compañeros, estas se comparan con análisis particulares para enriquecer propias explicaciones, y sabemos que este es el objetivo principal de la propuesta de aula. Desde este punto de vista es importante tener en cuenta que si hay un factor considerado como desventaja o problema, este se puede utilizar en

otras circunstancias como una fortaleza; lo más interesante es buscar las condiciones bajo las cuales dicho factor sea utilizado positivamente.

Los grupos de trabajo se escucharon entre sí, donde se enunció una conclusión de cada actividad, basada en la respuesta o respuestas respecto a la pregunta motivadora, en este momento se generaron debates y acuerdos para establecer una conclusión final, la cual deja a satisfacción los ideales desarrollados en el interior de los grupos.

6.3 EL EXPERIMENTO Y CONSULTA DE FUENTES DE INFORMACIÓN COMO HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE

La experimentación juega un papel importante en la elaboración de explicaciones en el aula de ciencias, para nuestro caso particular en la física, esto se debe a que los estudiantes utilizan distintas habilidades cuando están realizando una práctica experimental, facilitando el desarrollo de sus explicaciones y del aprendizaje en general.

Utilizamos dos tipos de fuentes de información a los que llamamos experiencias de primera mano y experiencias de segunda mano. Le denominamos experiencias de primera mano al conjunto de actividades que implican que los estudiantes interactúen con el material didáctico para estudiar la flotación de los cuerpos; mientras que las experiencias de segunda mano son aquellos trabajos escritos, material audiovisual, propuestas pedagógicas o toda la información que los estudiantes pueden consultar permitiéndoles aclarar dudas y responder sus propias inquietudes generadas durante su participación en las experiencias de primera mano.

6.3.1 INVESTIGACIONES DE PRIMERA MANO

Hicimos tres clases de experiencias de primera mano: la primera fue exploratoria para la primera actividad, la segunda en las actividades dos a seis fue la identificación de variables para examinar una a una su intervención o no en la flotación de los cuerpos y finalmente la tercera experiencia en la actividad seis en la que los estudiantes observaron en forma demostrativa el buzo de Descartes donde no necesariamente realizaron el experimento sino que observaron y analizaron su comportamiento. Cada grupo manipuló los montajes con materiales que ayudaron a responder una pregunta inicial. El propio grupo confrontó sus explicaciones iniciales y tuvo la opción de modificarlas o certificarlas.

Lo cierto es que, en general, los grupos dedicaron mucho tiempo a la manipulación de un montaje sencillo y didáctico, lo cual sirvió de ayuda en el desarrollo de explicaciones sobre flotación.

Como elementos utilizados para sumergir en los líquidos, en la primera y segunda actividad, se eligió la madera no solo por su flotabilidad sino por la facilidad para conseguirla y manipularla haciéndole cortes que modifican su tamaño; en la tercera, cuarta y quinta actividad se utilizó plastilina por la facilidad en modificar la forma del cuerpo.

Como líquidos se utilizaron: aceite, alcohol, gaseosa, agua potable y agua salada. Fáciles de conseguir, no son tan peligrosos, por su uso inadecuado, son de uso cotidiano, muy familiares para la sociedad.

En una primera instancia se cortaron trozos de madera de forma cilíndrica (de un palo de escoba), primeras dos actividades. Reemplazados luego por esferas de madera lacadas, teniendo en cuenta la filtración del agua en la madera. La institución Class dispuso de cinco balanzas mecánicas, con las cuales los grupos trabajaron en las actividades de tamaño y tipo de líquido (2 y 4). Se usó aceite, un poco de sal, gotero de vidrio, botella de plástico, vasos angostos, anchos y medianos, video proyector y computador

6.3.2 INVESTIGACIONES DE SEGUNDA MANO

Asignamos trabajos a través de preguntas para realizar fuera del aula en donde los estudiantes tuvieron acceso al computador, internet, libros y otras fuentes de información. Esta estrategia permitió generar una evolución y una posterior destreza en la expresión de explicaciones, puesto que los estudiantes tuvieron libertad de escoger la fuente de información y el medio más agradable para cada uno (lecturas, videos, fotografías, historias, etc.) con el fin de satisfacer curiosidades generadas en el aula. Es posible que esta estrategia de trabajo permitiera recoger los frutos de las actividades anteriores.

Los alumnos llegaron al aula con explicaciones no sólo sobre flotación sino sobre otros aspectos relacionados ya sea con flotación o con la pregunta orientadora de la actividad; por ejemplo, para responder ¿por qué se hundió el Titanic?, encontraron muchas respuestas sobre el material del cual estuvo hecho el barco, las condiciones climáticas que influyeron en la tragedia del transatlántico, además conocieron la versión verdadera de los hechos (diferente a la versión de la película, conocida por muchos); parte de la información aportó directamente a la explicación sobre la flotación pero la otra parte también contribuyó en la evolución de explicaciones, debido a que sirvió como estímulo para que los estudiantes estuviesen motivados y siguieran consultando al respecto, para responder sus curiosidades.

Como mencionamos anteriormente las actividades previas al trabajo de consulta fueron las que generaron gran parte de las inquietudes y curiosidades consultadas para ser satisfechas utilizando el trabajo de consulta como medio para hacerlo

6.4 MEDIOS Y FUENTES PARA CONOCER LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES

En todas las actividades se utilizaron múltiples medios, con el fin de conocer las explicaciones de los estudiantes; algunos en forma oral y escrita. Para obtener la información utilizamos distintas herramientas tanto manuales (escritos y dibujos) como tecnológicas (grabaciones audio, videos con uso de computadora e Internet). Esto nos permitió conocer las discusiones, ideas, inquietudes, respuestas a las preguntas, elaboración de nuevas preguntas y desarrollo de explicaciones por parte de los estudiantes tanto en forma individual como grupal.

Esta variedad en las fuentes de recolección de información nos permitió obtener información tanto cualitativa como cuantitativa, aspecto muy importante dadas las características de la metodología de investigación. Cabe aclarar que nosotros no escogimos la información que sería cualitativa o cuantitativa, pero cuando realizamos el estudio de testimonios, detectamos información que fue más fácil de analizar en una de las dos formas.

6.4.1 LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

El lenguaje utilizado en el aula es un factor importante en la evolución de explicaciones, debido a que un pequeño detalle, palabra o frase puede cambiar el desarrollo de una actividad. A veces queremos pedirles a nuestros estudiantes que realicen una acción y ellos terminan haciendo otra, o limitándose a realizar algo muy sencillo, por ejemplo cuando les pedimos en una de las etapas de cada actividad que realizaran un dibujo que mostrara lo que habían visto, para la segunda actividad lo que hicieron fue dibujar algo así como si trataran de fotografiar el montaje de la práctica por medio del dibujo; sin embargo surgieron detalles de la situación que para ellos son valiosos, como el hecho de que uno de los trozos de madera no estuviera flotando totalmente horizontal, sino que tenían una inclinación hacia uno de los lados, lo cual se vio reflejado en la figura 18.

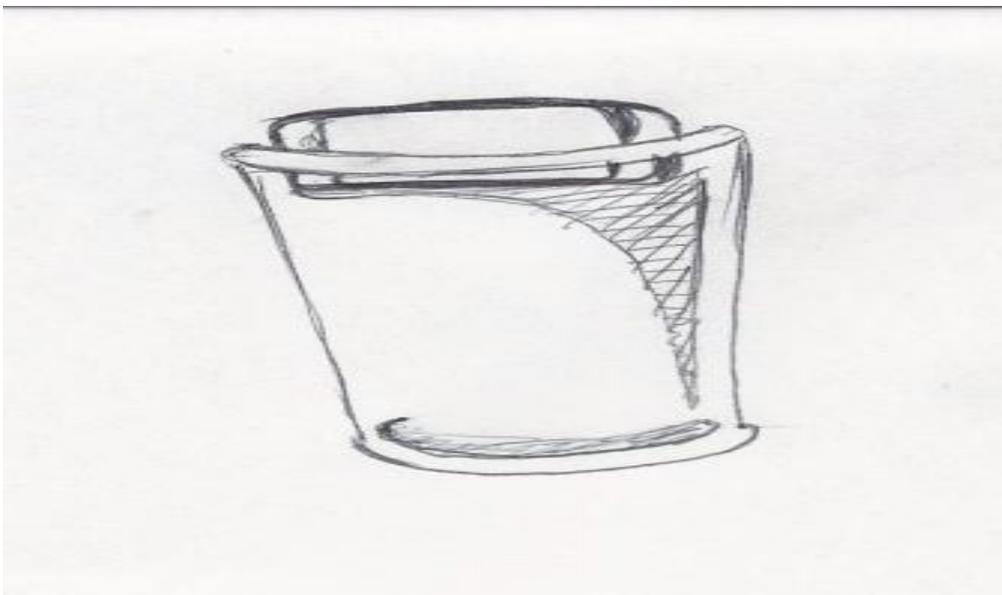


Figura 19 Cuerpo atascado con los bordes del recipiente. Se encuentra por encima de la superficie del líquido. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Pero el lenguaje utilizado no sólo es importante a la hora de preguntar sino también durante las explicaciones, charlas y otros tipos de acciones que impliquen hablar con los estudiantes. La primera práctica demostró que la comunicación debe ser más flexible y susceptible de cambios y provee herramientas para reorientar una actividad; mencionamos la primera práctica debido a que se hizo un intento de realizar una actividad ceñida lo más posible a lo planeado y esto hizo que tuviera muchas limitantes. Dentro de estas limitaciones la principal fue el abandono de nuestra experiencia docente que nos permite utilizar muchas estrategias para darle éxito a una actividad de acuerdo a las necesidades inmediatas. Después de analizar la información de la primera actividad se les dieron unas instrucciones a los grupos para responder las preguntas de la segunda actividad y esto produjo un cambio en las clases de respuestas, la tabla 11 muestra las respuestas que ya no se ven tan agrupadas.

En la medida que fueron avanzando las actividades, la comunicación entre los niños y el docente fue más clara porque ellos tuvieron más elementos que les permitieron entender lo que se estaban hablando; las preguntas que realizaron se les respondió teniendo en cuenta un lenguaje claro para evitarles confusiones y dudas, corrigiendo errores de las actividades previas tales como ambigüedades, poca información, descontextualización, falta de uso de ejemplos, entre otros.

Tabla 11. Resultados para cada una de las preguntas

PREGUNTAS	CATEGORIAS DE RESPUESTAS	Nº DE GRUPOS (de seis)
¿Qué pasará al sumergir dos bloques del mismo material pero de diferente tamaño en el agua?	Se hunde más el tronco más grande	1
	Se hundan igual o no depende del tamaño	3
	Depende del material y/o del tamaño	2
¿La flotación depende del tamaño del cuerpo sumergido?	No	6
¿Cuál se hunde más?	Igual	3
	El más grande	1
	El más pequeño	2
¿Por qué? (como ampliación de la pregunta anterior)	Son del mismo material	2
	Depende de la densidad	2
	Por su tamaño	2

En el desarrollo de la primera actividad los estudiantes sintieron algo de temor e inseguridad, por la forma y tipo de preguntas hechas por ellos. Al transcurrir las sesiones los grupos en general se expresaron más tranquilamente, olvidaron la presión de la cámara de video y de la persona extraña (Liliana Tarazona, investigadora para trabajo de doctorado) para los estudiantes quien tomaba apuntes y grababa cada sesión.

Mientras que algunos estudiantes se inquietaron por la realización de dibujos o esquemas, otros se sintieron más cómodos escribiendo.

Tanto factores internos como la motivación e ideas previas, factores externos, dentro de los cuales están los libros de texto, docentes y el tipo de práctica influyen en el aprendizaje de los estudiantes (Mazitelli 2005).

6.4.2 DIBUJOS

Cada grupo realizó uno o varios gráficos para representar sus ideas y explicaciones sobre la pregunta motivadora. Al realizar los dibujos, elaboraron: esferas, flechas, algunas dirigidas hacia arriba y otras hacia abajo. Hubo un grupo de estudiantes interesados en realizar diagramas cartesianos, utilizando las relaciones entre variables involucradas en el fenómeno de flotación.

Pero además de la comunicación está la intención del docente, puesto que posiblemente nosotros queremos que los niños dibujen de la manera en que nosotros lo hiciéramos si alguien nos pidiera que dibujáramos lo observado en el montaje experimental: pero los niños dibujan en una forma natural sin acudir a prototipos para representaciones por medio de dibujos.

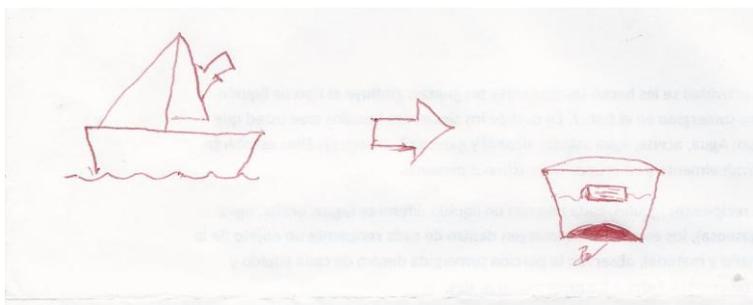


Figura 20. Comparación entre tamaño de cuerpos flotantes y cantidades de líquido. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Le dimos prioridad a los dibujos (por encima de diagramas, gráficos, tablas, esquemas, mapas conceptuales, cuadros sinópticos) porque consideramos que es una herramienta diferente y efectiva para la intención de la propuesta de aula.

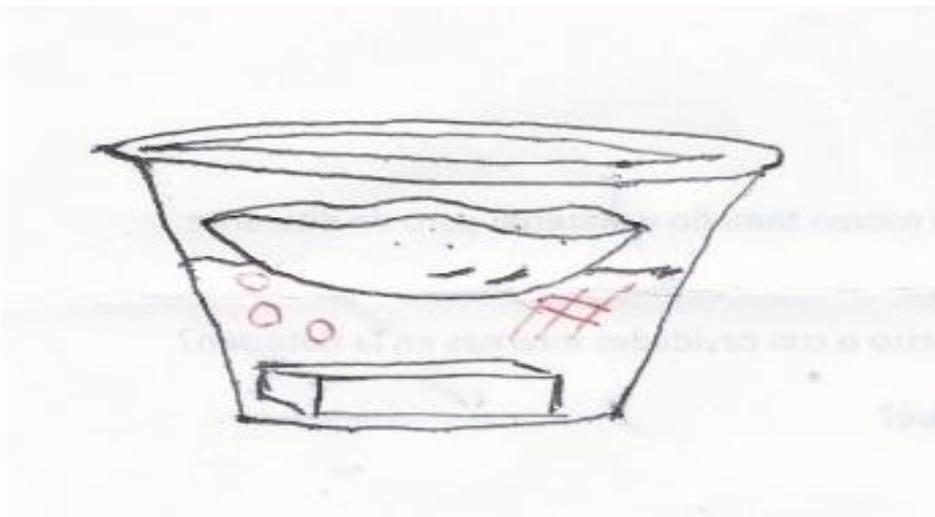


Figura 21. Manifestación por medio del dibujo de la dependencia de la forma de un cuerpo para que este flote o no. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

En los dibujos desarrollados por los estudiantes para la actividad que relacionó el tamaño del cuerpo en la flotación, se observó una cantidad de bloque sumergido equivalente a la cantidad del bloque que estuvo por encima del nivel de la superficie, independiente del tamaño. Para el conocimiento de la explicación de los chicos en este caso fueron muy importantes los gráficos que elaboraron, porque particularmente en esta actividad se observaron escritos poco concluyentes, poca

expresión oral al respecto, pero los gráficos fueron claros al expresar explicaciones, porque interpretaron claramente medio bloque sumergido y medio por encima de la superficie del agua.

Se hicieron algunas aclaraciones para que los dibujos de la tercera actividad aportaran mucha información, esto sucedió, y los estudiantes detallaron en lo que observaron elaborando dibujos paso a paso como se observa en las figuras.

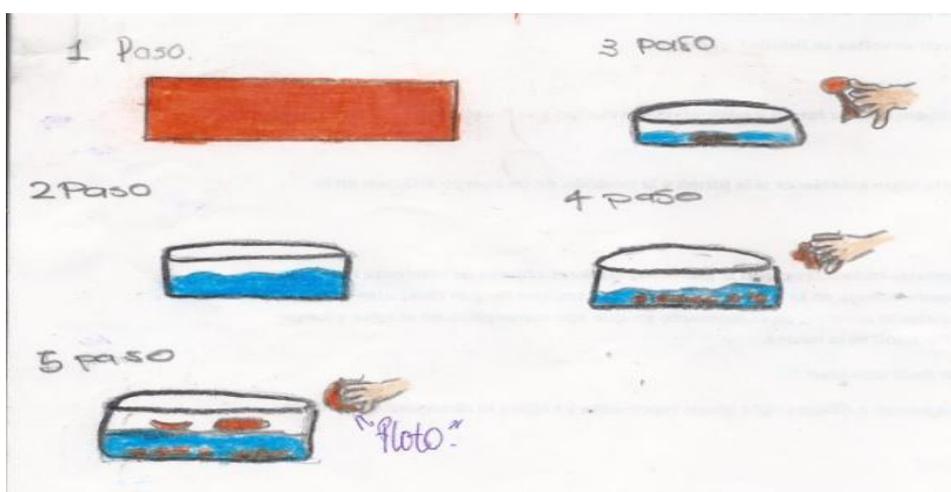


Figura 22. Elaboración de una secuencia de pasos para concluir la dependencia de la forma de un cuerpo para que flote. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Los docentes no siempre podemos esperar que un estudiante elabore diagramas de carácter cuantitativo, puesto que en cierta forma estos hacen parte del lenguaje científico y no del lenguaje natural de los estudiantes. Este detalle lo habíamos tomado como una dificultad, hasta que llegó la actividad seis, en donde los estudiantes hablaron del empuje sin necesidad de ninguna clase de diagrama vectorial, mencionando en sus explicaciones una magnitud y dirección de dicha fuerza ascensional, además del elemento que la genera. Lo cual es muy importante debido a que en el futuro un estudiante puede recordar el concepto de empuje sin necesidad de diagramas cuantitativos; si les hubiésemos explicado el concepto de empuje utilizando un diagrama de cuerpo libre, posiblemente el concepto de empuje se hubiera olvidado o no se habría identificado por quienes sí lo hicieron ante el planteamiento didáctico descrito.

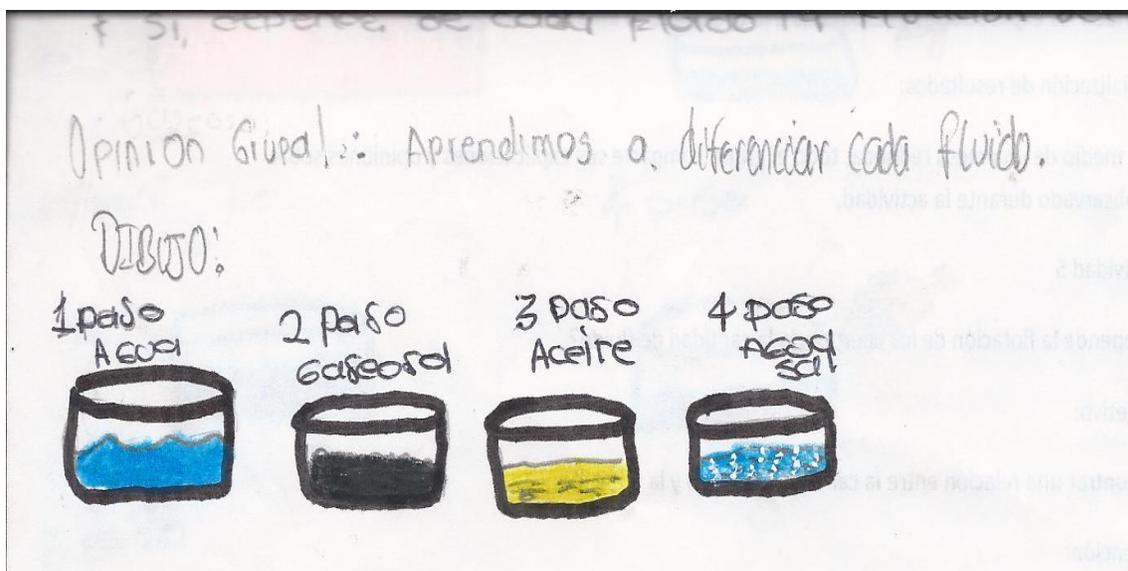


Figura 23. Identificación de los diferentes tipos de líquido utilizados en la actividad cuarta. Hecho por estudiantes del colegio Vista Bella.

Durante la segunda sesión de aplicación de la propuesta de aula los estudiantes dibujaron un vaso con agua de forma rectangular con tres bloques rectangulares de diferente tamaño con un área sumergida igual al área del cuerpo que está por encima de una línea horizontal. En la tercera sesión dibujaron cuerpos de diferentes formas en el vaso de forma rectangular, en esta sesión dibujaron diferentes niveles de posición del cuerpo en relación con el rectángulo grande que representó el vaso con agua. En la cuarta sesión dibujaron diferentes vasos marcados con el nombre del líquido (aceite, agua, agua con sal, gaseosa, y alcohol). Dentro de ellos dibujaron el cuerpo sumergido, (en mayor o menor cantidad) según lo visto. En la quinta sesión hicieron recipientes de diferentes tamaños con el cuerpo sumergido. También dibujaron un recipiente varias veces con diferentes cantidades de líquido. Con estos dibujos elaboraron y desarrollaron explicaciones como por ejemplo, un cambio de nivel en determinado líquido. Algunos grupos que manifestaron explicaciones opuestas al suceso real, respecto al hundimiento de una cáscara de huevo en el agua, al manipular el montaje observaron que en realidad media cáscara flotó estando boca arriba, la dibujaron sobre la superficie del líquido.

Cuando dibujaron varios recipientes con diferente nivel de líquido en actividades como la quinta (recipientes angostos o recipientes más anchos, como una cubeta), los estudiantes explicaron la dependencia del tamaño del recipiente en el fenómeno de flotación. En la segunda actividad (Mismo material, pero diferente tamaño del cuerpo sumergido), varios grupos dibujaron tres bloques de diferente tamaño, con su parte sumergida igual a la parte que está por encima de la superficie. Estos aspectos no los escribieron, ni los sustentaron oralmente.

6.5 DESARROLLO DE PREGUNTAS

Las preguntas tanto en las ciencias como en la educación en ciencias juegan un papel importante. Particularmente en la educación en ciencias deben hacer parte de la didáctica, debido a que determinan, entre otras cosas, la intencionalidad de la práctica. Analizando estos criterios incluimos preguntas basadas en el ¿por qué? para nuestra propuesta, debido a que la flotación de los cuerpos, fenómeno de estudio en la propuesta de aula, también es un fenómeno causal.

El eje principal en el desarrollo de cada actividad fue una pregunta de entrada (dos en algunos casos), la cual motivó el desarrollo de la misma, y que principalmente provocó situaciones en las que el resultado final fuese una explicación. A través de dicha pregunta, surgieron otras preguntas acompañantes a la pregunta principal, las cuales involucraron a cada grupo de una forma más específica con el fenómeno de la flotación de cuerpos. La intención de haber generado preguntas acompañantes, surgió luego del análisis de la pregunta central y fue de gran importancia porque mantuvo el nivel de concentración y acción en los estudiantes.

La primera pregunta de la primera actividad ¿por qué la madera flota en el agua?, fue elegida debido a que las consultas desde diferentes campos como el pedagógico y el epistemológico, este tipo de preguntas conllevan a una explicación como respuesta, lo cual hace parte del objetivo principal de nuestro trabajo de investigación.

Si la pregunta en la primera actividad fuese por ejemplo ¿Por qué el agua permite que un bloque flote? esta podría direccionar a los estudiantes hacia el análisis del líquido. Para Piaget son tres los tipos de preguntas del porqué, las cuales llevan a explicaciones diferentes. El primer tipo de porqué está asociado a la causa-finalidad, el segundo tipo se relaciona con la parte lógica, donde las justificaciones a una pregunta se hacen necesarias y el tercer tipo de pregunta porque es vinculado por el carácter social y humano de las personas. Entonces el desarrollo de la actividad depende del tipo de pregunta que generamos. Por tanto, cuando los chicos mencionaron peso del cuerpo y no fuerza del agua o empuje, precisamente sustenta la importancia de la pregunta motivadora.

Se puede decir que hubo dos tipos de preguntas según el momento en que fueron diseñadas: las preguntas que se planearon antes de iniciar las actividades y las que se crearon durante el desarrollo de las actividades. Las primeras como lo manifestamos anteriormente buscaron que los estudiantes dieran explicaciones como respuestas y las segundas nos permitieron enfocarnos más en las explicaciones cuando vimos que las preguntas iniciales no les daban claridad a los estudiantes sobre lo que debían responder o cuando los llevaban hacia respuestas que no correspondían a explicaciones sobre flotación.

7. CONCLUSIONES

- Las actividades desarrolladas permitieron recopilar muchas ideas de diferentes grupos que luego fueron discutidas a nivel general. Se observó más libertad en los estudiantes tanto para expresarse dentro de su grupo, como para sustentar ideas individuales respecto al fenómeno de la flotación. A nivel grupal no siempre acuerdan una explicación adecuada, esto impide que muchas veces un estudiante que tenga la respuesta más coherente no la sostenga por estar de acuerdo con el grupo. En el interior de grupos existe diversidad de opiniones, que generan posibles contradicciones las cuales a través del desarrollo de las actividades se van resolviendo, debido a que los estudiantes muchas veces comparten las mismas ideas pero la diferencia está en la forma de expresarlas. Se pudieron evidenciar el liderazgo de algunos estudiantes cuando se trata de representar a un grupo.
- Pudimos establecer al comienzo de nuestra investigación que un número significativo de estudiantes (aproximadamente un 30%), posee ideas que corresponden con las explicaciones científicas (por ejemplo cuando afirman que un cuerpo flota por su densidad menor a la del agua o cuando exponen relaciones directas entre la flotación, masa y volumen). Esto demuestra que no todas las ideas previas de los estudiantes son erróneas.
- El uso de material audiovisual para la recolección de información permitió a los estudiantes relacionar el fenómeno con las herramientas tecnológicas, esta situación llenó de mayor confianza para debatir, discutir y buscar ideas complementarias sobre flotación por parte de los estudiantes. El material audiovisual es un conjunto de herramientas que aportan mucho al enriquecimiento de explicaciones de los estudiantes siendo un puente de aprendizaje y comunicación con relación al estudio de un evento de carácter científico.
- Factores como la disciplina, organización y otros que intervienen en todas las actividades de una clase, aunque no sean el objeto de estudio, son propios del comportamiento y las relaciones humanas e intervienen directamente en el aprendizaje. La confianza en un estudiante para expresarse frente a sus compañeros, juega un papel importante en el desarrollo de sus explicaciones. Notamos una evolución en este sentido cuando se socializaron explicaciones; los estudiantes fueron perdiendo el miedo a expresarse mientras avanzó la investigación.

-Las preguntas planteadas por el docente dentro de cada actividad jugaron un papel importante para hacer que los estudiantes busquen explicaciones sobre la flotación. Los estudiantes generaron preguntas importantes durante el desarrollo de actividades sobre aprendizaje de las ciencias, las cuales aportaron al éxito en el desarrollo de sus propias explicaciones. A medida que transcurrió la investigación, surgió en los estudiantes: Una mejor destreza en el desarrollo de sus actividades, mejor manipulación de instrumentos, mayor confianza en la exposición de las explicaciones, relación de la actividad manejada con ejemplos de la cotidianidad (como el flotar mejor en agua que aceite). En general las explicaciones de los estudiantes evolucionaron en la medida en que fue avanzando la implementación de la propuesta de aula. Esto se debe a que una serie de actividades complementarias entre sí, flexibles y diferentes a las costumbres tradicionales de enseñanza, son propicias para que se genere conocimiento de los estudiantes en ciencias.

Las respuestas equivocadas por parte de los estudiantes no siempre se producen por errores en el concepto sino por problemas de comunicación, especialmente al darle una interpretación diferente a la pregunta, o al desconocer u omitir algunas de las palabras o frases de la misma. Esto representa el papel tan importante en la comunicación, ya sea entre pares o entre estudiantes y docente. Logramos establecer algunas diferencias en actitudes durante la investigación por género. Mientras que los hombres fueron un poco más inquietos en el desarrollo de las actividades, preguntaron más, se desplazaron más hacia otros grupos, hablaron y discutieron más, las mujeres fueron más receptivas, mantuvieron por más tiempo sus posturas, hablaron menos en otros grupos pero en el intragrupo fueron altamente participativas.

- Es muy importante asociar el estudio de un fenómeno natural con situaciones impactantes de la vida como por ejemplo el hundimiento del barco Titanic. Estas relaciones motivaron al estudiante a mantener una evolución en sus explicaciones.

- Inicialmente los estudiantes se cohibieron mucho debido a que están acostumbrados a esperar instrucciones y cuando no las reciben, se sienten desprogramados, pero luego de que toman confianza, producen aportes al desarrollo de las actividades.

- Al manipular directamente las cosas los jóvenes plantean hipótesis, realizan preguntas y predicen hechos; por ejemplo nos damos cuenta en la realidad que las personas no aprenden a manejar carro solamente observando al conductor como maneja, se necesita manipular directamente el automóvil para saberlo utilizar.

- Los maestros necesitamos estar abiertos a diferentes miradas desde la didáctica y no estar predispuestos solo a escuchar la información que consideramos pertinente.

Es muy importante tener en cuenta la visión de los estudiantes. Cuando los estudiantes analizan un fenómeno natural como lo es la flotación, no necesariamente lo ven en sentido macroscópico sino que también tienen en cuenta detalles que apuntan hacia las partes que lo componen. Esto sucede cuando analizan y buscan explicaciones en experiencias de primera mano puesto que no tienen algún tipo de carga limitante generada por la consulta de experiencias de segunda mano.

- El desarrollo de las actividades en una propuesta de aula genera cierto grado de competitividad, ganas de llegar a un mayor nivel de explicación, trabajo en equipo (colaboración en el préstamo de materiales) y deseo de seguir trabajando mediante la misma metodología.

- Se hace válida nuestra investigación en el análisis de fallas, aciertos, mejoras tanto al principio, transcurso o final de una serie de actividades. Esto lleva a una mayor calidad en la enseñanza y aprendizaje de fenómenos científicos y un acercamiento de explicaciones escolares con explicaciones científicas para la sociedad en general.

- Un proceso de innovación puede estar bien planificado y ejecutado, pero los resultados de este no necesariamente son exitosos, por ello es útil realizar investigaciones utilizando metodologías interesadas en el beneficio académico de los estudiantes. Nuestra investigación fue exitosa gracias a la metodología aplicada, en la cual se permitió un grado adecuado de flexibilidad con respecto a la planificación inicial. Flexibilidad que creó un ambiente de confianza tanto para los profesores como para los estudiantes participantes.

Cada estudiante es un explorador que busca encontrar explicaciones a todo lo que puede observar, manipular, leer y escuchar sobre la flotación. Para esto no tiene que esperar a que el docente haga una exposición sobre el tema sino que es un sujeto activo y participe de su propia formación en ciencias, dejando como evidencia de uso de lenguajes multimodales, video, audio, dibujos y escritos alusivos al desarrollo de una actividad.

- Cuando se planea una actividad, puede darse cierto grado de flexibilidad. No es recomendable planear algo totalmente diferente a actividades que habitualmente se realizan en el aula, es bueno planear ciertas actividades con base en la experiencia y las relaciones humanas establecidas previamente entre los alumnos y docente, así como las condiciones de trabajo acordadas en el aula de clases.

- El proceso de desligar la dependencia del estudiante respecto al profesor requiere mucho tiempo, constancia y ejecución de actividades de este estilo. Consideramos que si se realizan actividades similares para otros estudios, sería una experiencia

muy interesante debido a que habría la oportunidad de corregir los errores que se pudieron cometer en la aplicación de ésta propuesta de aula.

- Al final de todas las actividades un alto porcentaje de estudiantes (aproximadamente 80 %) conocen las explicaciones científicas sobre el fenómeno de la flotación. No necesariamente un estudiante tiene que construir una explicación científica para que haya aprendizaje en ciencias, también se produce cuando el estudiante está interesado en hacer una explicación o en responder una pregunta (para este caso sobre flotación) y para esto accede por iniciativa propia a fuentes de información que dan a conocer explicaciones científicas que le sirven para comprender y explicar un caso particular.

8. BIBLIOGRAFIA

Abbagnano, N, & Visalberghi, A. (1964). Historia de la pedagogía. Fondo de cultura económica, S.A. México D.F. Fondo de cultura económica, sucursal en España, vía de los poblados. Madrid.

Alonso, T, J. (1997). Motivar para el aprendizaje, Edebé, Barcelona. Cap. 1 y 2.

Alurralde, E., & Salinas, J. (2006). Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en Física: Aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología UNT. 2.

Álvarez, J, R. (1994). Dos modelos de explicación científica interferencias y reconstrucciones. *Departamento de Filosofía y Ciencias de la educación. Facultad de Filosofía y letras*. Campus universitario de Vegazana. Universidad de León. Contextos 12 23-24, (pp 284-311).

Anderson, L. W. & David R. Krathwohl, D. R., et al (Eds.) (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Boston, MA (Pearson Education Group).

Barral, F. M, (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan?, Concepciones de los estudiantes, Investigación y experiencias didácticas. Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentales. Santiago de Compostela.

Bateman, W, L. (1999). "Alumnos curiosos". Preguntas para aprender y preguntas para enseñar, Editorial Gedissa, Barcelona, España.

Bell, J. (2002) Cómo hacer tu primer trabajo de investigación. Guía para investigadores en educación y ciencias sociales. Barcelona. Gedisa.

Bellido, V. (2003). El Oro Nuevo. Colectivos de investigación Educativa Graciela Bustillos, Asociación de Pedagogos de Cuba.

Bloom, B. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain. NY, NY: Longmans, Green.

Bloom, B., et al (1971). *Taxonomía de los objetivos de la educación: clasificación de las metas educacionales*. Centro de ayuda técnica. Buenos Aires.

Bunge, M. (1960). *La ciencia. Su método y filosofía*. Siglo Veinte. Nueva Imagen. Buenos Aires.

Bunge, M. (1997). *La ciencia. Su método y filosofía*. Sudamericana. Buenos Aires.

Canuto, J. (2009). *Carnap y la Constitución del mundo en el Aufbau: La base*. Maestría en Filosofía de la Ciencia. Blogdewordpress.com.

Chang, J. M. (2011). 'A practical approach to inquiry-based learning in linear algebra', *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42: 2, 245 - 259, First published on: 29 November 2010. Doi.

Churches, A. (2007). *Edorigami blooms taxonomy and digital approaches*.

Creagh, C. (2008). *Diagrams: Useful tools for investigating a student's understanding of buoyancy*. *Teaching Science*. Vol 54, Num 4, December.

Collins, A. & Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). *Design Research: Theoretical and Methodological Issues*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. *The journal of the learning sciences*, 13 (1), 15 - 42.

Concari, S. (2001). *Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias*. *Ciencias y Educación*. v.7, n.1. p.85-94.

Cobb, P. & Confrey, J. & Disessa, A. & Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). *Design Experiments in Educational Research*. *Educational Researcher*, 32 (1), 9-13.

Dawkins, K. & Dickerson, D. & Mckinney, S & Butler, S. (2008). *Teaching Density to Middle School Students: Preservice Science Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Practices*. *Copyright © Heldref Publications*.

De Vecchi, G., & Giordan, A. (1988). *L'Enseignement. Scientifique: Comment faire pour que ca «marche»?.* Guides pratiques, Z'édicions: Niza.

Diccionario soviético de filosofía, Ediciones pueblos unidos, montevideo 1965,

Díaz, A., & Hernández, F., & Hernández, G. (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México, Ed. Mc. Graw Hill.

Eco, U. (2007). *A Paso de Cangrejo*. Buenos aires. Sudamericana

Eder, M, L. & Adúriz, A. (2008). Explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: aproximaciones epistemológica y didáctica, *estudios de educación en Latinoamérica*. 4(2): 101 - 133, Manizales.

Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In Merlin Wittrock, editor, *Handbook of research on teaching*. Washington, DC: AERA.

Feixas, J. (2012). *Aprender ciencias en educación primaria*. Grao. Barcelona. 1 edición.

Fernández, J., & Menéndez, P. (1985). Causas de las dificultades de aplicación del teorema de Arquímedes por los alumnos de enseñanza media, *Investigación y experiencias didácticas: Avilés, enseñanza de las ciencias*, pp. 185-187.

Fernández, J., & Menéndez, P. (1987). Estudio del grado de persistencia de ciertos preconceptos sobre la estática de fluidos en alumnos del 2 curso del Bup. *Investigación y experiencias didácticas: Avilés*, pp. 27-32.

Ferrater, M., José. (1964). *Diccionario de filosofía*. Buenos Aires. Ed. sudamericana. Quinta edición. Tomo I.

Foucault, M. (1979). *Las palabras y las cosas*. Madrid: Siglo XXI. Onceava edición (1ª ed. em 1966).

Freinet, C. (1976). *Técnicas Freinet de la escuela moderna*. Siglo XXI editores.

Gaukroger, S., & Schuster, J. (2002). *Studies in History and Philosophy of Science*. The hydrostatic paradox and the origins of cartesian dynamics 33. 535–572, Australia, Received 14 February 2001; received in revised form 13 July 2001.

Giraldo, H (2009). El modelo nomológico de la explicación de Carl Hempel, vol. 5 Núm. 1, enero- julio, pp.36-47.

Gómez, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos?, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, Vol. 4, Núm. 2, julio-diciembre, pp. 83-99 Universidad de Caldas.

Gómez, O., & López, C., & Gargallo, B. *Construcción humana y procesos de estructuración*. Pr Juan Escames Sánchez. Universidad de valencia.

Gros, B. (2012). Retos y tendencias sobre el futuro de la investigación acerca del aprendizaje con tecnologías digitales. *Revista de Educación a Distancia*. Número 32. Universidad de Cataluña. pp 1 – 13.

Gros, B. (2007). La construcción del conocimiento en la red: límites y posibilidades. *Revista de Educación a distancia*. Número 5. Universidad de Barcelona.

Hapgood, S. & Magnusson, S. & Palincsar, A. (2004). *the journal of the learning sciences* 1,3 (4), 4 55-505, Lawrence Erlbaum Associates I, nc. Teacher, Text, and Experience: A Case of Young Children's Scientific Inquiry The Center for the Improvement of Early Reading Achievement, Educational Studies University of Michigan.

Hardy, I. & Jonen, A. & Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking". *Journal of Educational Psychology* 2006 by the American Psychological Association 2006, Vol. 98, No. 2, 307–326.

Heidegger, M. (1987). *De camino al habla*. Barcelona: Serbal (1ª ed. em 1959).

Hempel, C. (1988). La Lógica de la Explicación. pp. 247-253. *La Explicación Científica*. Editorial Paidós. Barcelona.

Hernández, M & López, N. (2011) Predecir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias. Facultad de Química. Departamento de Química Inorgánica y Nuclear. *Educación en Química* n 9 pp 4 – 12. Universidad Nacional Autónoma de México.

Hernández, S., & Gastón, R. (1991). *El éxito en tus estudios. Orientación del aprendizaje*. 4ta., ed., 2da. Reimp. México, Ed. Trillas.

Herrera, A. (2008). "Motivación en el aula", en: *Innovación y Experiencias Educativas*, Revista digital.

Hierro, J. (1986). *Principios de Filosofía del Lenguaje*. Alianza. Guatemala.

Huertas, J. A. (1996). "Motivación en el aula" y "Principios para la intervención motivacional en el aula", en: *Motivación. Querer aprender*, Aique, Buenos Aires, pp. 291-379.

Jiménez, P. (2007). Verificación y Sintaxis Lógica en Carnap. Universidad del Valle. *Revista Légein* N° 4. pp 51-67.

Klimovsky, G. (1994). Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la Epistemología. A-Z editora S.A. Buenos Aires Argentina.

Laudan, L. (1990). Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science. University of Chicago.

Márquez, C. & Izquierdo, M. & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. Departament de Didàctica de les Ciències i de les Matemàtiques. Facultat de Ciències de l'Educació. Universitat Autònoma de Barcelona. Campus UAB. 08193 Bellaterra. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), 371-386.

Martín, M. & Gómez, M. & Gutiérrez, M. (2000). La Física y la Química en secundaria. Narcea ediciones. Madrid España.

Mazitelli, C. & Maturano, C. & Núñez, G. & Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, vol 3 Num 1, asociación de profesores amigos de la ciencia Eureka, Cádiz España, pp 33-50.

Mendoza, A. (1998). "Las preguntas en la escuela como estrategia didáctica", Editorial Trillas, México.

Molina, M & Castro, E. (2006). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Seminario Metodologías de Investigación de Trabajos en Curso*. Universidad de Granada.

Nagel, E. (1981). La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica. Paidós (Studio/básica), Barcelona

Naranjo, G, B. (2009). La construcción multimodal de los contenidos en las clases de ciencias naturales. *Memoria electrónica del XI Congreso Nacional de Investigación Educativa*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

Nietzsche, F. (1974). "Sobre la verdad y la mentira en sentido extra moral" en El libro del filósofo. Madrid: Taurus (1ª ed. em 1873).

Osorio, F. (1998). La explicación en Antropología. Cinta Moebio. 4:201-240. Universidad de Chile.

Palmieri, P. (2005). The Cognitive Development of Galileo's Theory of Buoyancy Arch. Hist. Exact Sci. 59 189–222. Communicated by N. Swerdlow

Piaget , J. (1968). Seis estudios de psicología. Barcelona, Seis Barral, 2° edición.

Pearson, K. (1900). *On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can reasonably be supposed to have arisen from random sampling*. Philos. Mag., Ser. 5, 157-175. Reproduced by the kind permission of Taylor and Francis.

Piaget , J., & Inhelder B. (1978). "Psicología del niño", Madrid, Ediciones Morata, 1978, 8° edición.

Pozo, J., & Gómez, C. (1999). Aprender y Enseñar Ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata S. L. Madrid.

Real Academia Española. (2001) Madrid, vigésima segunda edición.

Rinaudo, M & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño una perspectiva prometedora en la investigación educativa. Departamento de Ciencias de la Educación. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina). Revista de Educación a Distancia Número 22.

Rodríguez, D. & Valldeoriola, J. (2009). Metodología de la investigación. Universidad Oberta de Catalunya. PID_00148555.

Sampson, V. & Grooms, J. & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: *An exploratory study*. *Science Education*, 95: 217-257. Doi.

Sánchez, M. (1991). Desarrollo de habilidades de pensamiento: creatividad. Trillas. México.

Sánchez, M. (2002). La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades del pensamiento. Revista electrónica de investigación educativa. Redie. México.

Unal, S. (2008). Changing students' misconceptions of floating and sinking using hands-on activities. *Journal of Baltic Science Education*, Vol, 7, No, 3, pp 134-146. Karadeniz Technical University, Turkey.

Vera, C. & Ambrosini, C. (2009). Argumentos y teorías Aproximación a la Epistemología. Buenos Aires, C.C.C. Educando.

Verdugo. (2005). Popper y la explicación científica. *Revista de Filosofía* Vol 30 Núm 1 pp 49 – 61.

Vigotsky, L. (2004). *Pensamiento y Lenguaje: Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Quinto sol. México.

Wagner, D, J. & Cohen, S. Moyer, A. (2009). *Addressing Student Difficulties with Buoyancy*. *Physics Education Research Conference*. edited by M. Sabella, C. Henderson, and Ch. Singh. American Institute of Physics.

ANEXOS

ANEXO I Trabajo final de la estudiante Angie Geraldine Carreño

Angie Geraldine Carreño Rincon				11	FISICA
Cursos 1002	Bimestre 2	Semestre	Salón	Hoja No. _____ de _____	CALIFICACIÓN
Profesor Raul Reyes					

Actividad

- Si el hierro es mas denso que el agua porque hay barcos hechos en hierro.
- Depende de la posición

- ¿Porque se hundio el titanic?

- ¿En el momento que inicio el hundimiento del titanic cambio la posición?
- ¿Si el titanic estaba flotando y luego se hundio, que fue lo que cambio para que esto sucediera?
- ¿En donde flota más fácilmente el cuerpo, en una piscina o en el mar?
- ¿En donde flota más un cuerpo, en agua potable o en agua de mar?
- Se dice que en el mar muerto los cuerpos flotan más fácilmente que en los demás mares del mundo? ¿Porque? Consultar el motivo
- Consultar el principio de Arquimedes y en que consiste

Solucion

- Aquí no importa la densidad del material si no la del cuerpo. Efectivamente, la densidad del hierro es aproximadamente, siete veces mayor que la del agua pero un barco no está todo de hierro su interior está casi vacío por lo tanto la densidad del barco es menor que la del agua. En realidad la parte sumergida del agua llena de agua empuja pesa lo mismo que el barco real

¿Porque se hundio el titanic?

Por primera vez basandose en el moderno analisis de materiales varios científicos canadienses dan una nueva explicacion sobre

sobre los verdaderos que provocaron el desastre.

Una prueba realizada sobre la plancha de metal que perteneció al casco de la nave, demuestra que el acero que se usó en la construcción era frágil como el cristal, con demostrada proporción de azufre. Además el diseño de los compartimientos estancos no era el adecuada en caso de un siniestro. Una apasionante investigación que aclara algunos enigmas y resuelve varios misterios en torno al naufragio más dramático de la historia.

El problema grave surgió en la sala de calderas dan un chorro incontenible comenzaba a inundar la G pero el agua irrumpe de pronto. Como una brutal moralla en menos de seis compartimientos a la vez entraba por una grieta del casco de acero.

Pasadas las 12 de la noche, más de 400m^3 hundieron la proa del Transatlántico. El agua penetraba también por las aberturas practicadas en la parte superior de los compartimientos de "seguridad". Estos estaban sellados solo en sus $2/3$ nadie pensó que las aguas superarían la línea de la altura de flotación. Si en estos compartimientos estanco, el agua no se habría concentrado en los compartimientos de la proa y se hubiese repartido mejor por todo el buque, de esto el desenlace habría sido más lento.

La inclinación de la cubierta a ser más profunda y los botes comienzan hacer más cargados con más pasajeros. La cubierta ya se encuentra totalmente inundada por el mar. El mar comienza a inundar la cubierta "A" y la inclinación del Titanic es mayor.

La popa comenzó a levantarse claramente del agua; el casco rompió entre la tercera y cuarta chimenea debido al sobrepeso de la popa dividiendo al Titanic en 2 partes.

El barco adopta una posición perpendicular al mar y se mantiene así por algunos minutos.

Pues yo creo que la causa fue la posición y que además estaba totalmente lleno de agua el peso causó el hundimiento.

• Se flota mejor en el mar esto se debe a que el agua de mar tiene una densidad superior a la del agua dulce o de la piscina. Como consecuencia de ella siempre se flotará mucho más en el mar que en la piscina.

• El agua de mar flota un poco más ya que el agua de mar es más densa esto quiere decir que cualquier sustancia más densa que el agua se hundiría, porque el peso es mayor que el empuje. Si el empuje es mayor que el peso en este caso flotará y si son iguales quedará entre dos aguas.

• ¿Por qué se dice que en el mar muerto los cuerpos flotan más fácilmente?

Esto se debe a la salinidad que tiene el mar muerto es tan elevada que su agua es más densa que la de nuestros organismos es por esto que no nos podemos ahogar por sumergirnos en el mar muerto siempre estaremos flotando.

Actividad

Flota más el icopor que la bola de pin pong sin necesidad de hacer presión y la pelota de goma

Principio De Arquimedes

El principio de Arquimedes es un principio físico que afirma que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen que desaloja. Esta fuerza recibe el nombre de empuje hidrostático o de Arquimedes y se mide en Newtons en el SI.

ANEXO II Trabajo final de la estudiante Lina María Bolívar

Materia: Física. Profesor: Raúl Reyes - Institución: Vista Bella D.F.D.
Fecha: 23 de abril - 2012.

PREGUNTAS:

1. Si el hierro es más denso que el agua por que hay barcos hechos de hierro.
2. Por que se hundió el titanic.
3. En el momento que chocó el hundimiento del titanic cambio de posición.
4. Si el titanic estaba flotando y luego se hundió que fue lo que cambio para que esto sucediera.
5. En donde flota más fácil un cuerpo en una piscina llena de agua de mar o en una piscina de mar.
6. Se entiende por flotar que tiene su masa sumergida dentro del agua.
7. En donde flota más fácil un cuerpo en agua potable o agua de mar.
8. Se dice que el mar muerto flota más fácil un cuerpo cual es el motivo.

CONSULTAR:

Ella que consiste el principio de arquimedes.

Solución.

1. Hay barcos de hierro pero tienen un refuerzo de algo más como la madera; por esta razón es que los barcos flotan y no se hunden. Si embargo si el barco tiene un agujero se puede hundir por que el agua se apoderará de él. Además el hierro tiene que ser maleable o sea que se pueda doblar y no se rompa.
2. Por que chocó contra un témpano de hielo de lado rozandolo y rompiendolo. Se llenando compartimento por compartimento y en tres horas se hundió además el barco titanic no estaba hecho de un buen material y contenía una cantidad muy alta de azufre junto con metal.
3. Si pues se empezó a levantar hundiendo hacia la papa mientras que la proa se mantuvo pero despues se rompió.
4. Pues el barco cuando aún estaba afloate el agua no se había apoderado totalmente de ella y poco a poco lleno los cinco compartimentos y se hundió más rapido.
5. En una piscina con agua de mar y no en una piscina común y corriente ya que la agua de mar tiene mucho contenido de sal así que con el experimento floto en su totalidad.
6. No ya que flotar es que tiene su masa elevada y se mantiene en esa posición por otro lado sumergir un cuerpo que se hunde en el agua.
7. En agua de mar flota más fácil un cuerpo y no tanto en agua potable ya que despues de un tiempo se hunde.
8. No ya que el mar muerto es viscoso como el aceite comparando

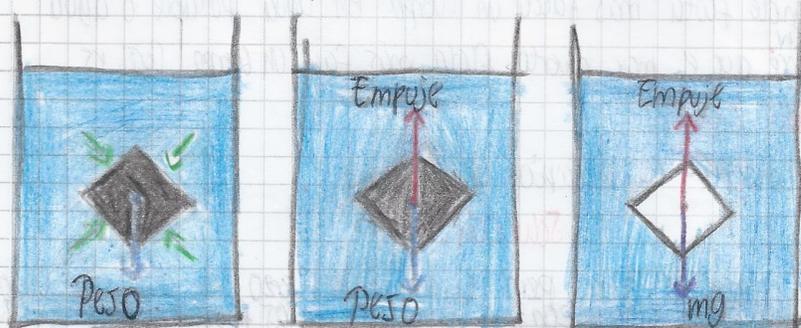
Con el experimento: la plastilina flota en el aceite se hunde hasta mitad del fluido.

9. PRINCIPIO DE ARQUIMEDES.

El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado.

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en la figura.

1. El hecho de la figura sobre su porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido.
2. La sustitución de dicha porción de un fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensión.



PORCIÓN DE FLUIDO EN EQUILIBRIO CON EL RESTO DEL FLUIDO.

Consideremos en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido. La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual a $P \cdot dS$, donde P solamente depende de la profundidad y dS es un elemento de superficie.

Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A este denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominando centro de empuje.

De este modo para una porción de fluido en equilibrio con el resto se cumple:

$$\text{Empuje} = \text{Peso} = \rho \cdot g \cdot V$$

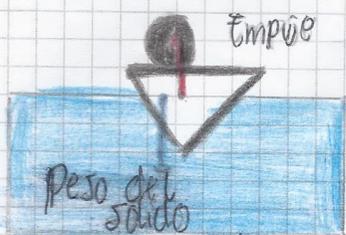
El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido ρ por la aceleración de la gravedad g y el volumen V .

SE SUSTITUYE LA PORCIÓN DE FLUIDO POR UN CUERPO SÓLIDO DE LA MISMA FORMA Y DIMENSIÓN.

Si sustituimos la porción de fluido por un cuerpo sólido de

La misma forma y dimensiones. Las fuerzas debidas a presión no cambian. Por lo tanto, el denominante que hemos denominado empuje es la misma y actúan en el mismo punto, denominado centro de empuje.

Lo que cambia es el peso del cuerpo sólido y su punto de aplicación que es el centro de masa. Se puede o no coincidir con el centro de empuje.



Por tanto, sobre el cuerpo actúan dos fuerzas: el empuje y el peso del cuerpo. Que no tienen el principio el mismo valor no están aplicadas en el mismo punto.

En los casos más simples supondremos el sólido y el fluido son homogéneos y por tanto, coinciden en el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

EJEMPLO:

Supongamos un cuerpo sumergido de densidad ρ rodeado por un fluido de densidad ρ_f . El área de la base de un cuerpo es A y su altura h .

EJERCICIO - EXPERIMENTO:

① Hoy 23 de abril vi un experimento de una botella con un gotero dentro de ella; al presionarlo el gotero se empezó a llenar y luego se sumergió. Si embargo subió de nuevo por consiguiente siguió flotando.

② Habían 2 vasos una con una bola de ping pong y otra con una bola de hiepopar:

* Si fuere una esfera de hierro y la empujamos no habría ninguna fuerza ya que ella se hunde sola debido a su peso.

* La esfera de hiepopar flota más ya que su componente es más ligero y ejerce más fuerza para hundir por la misma razón.

* La esfera de plástico o ping pong flota menos ya que su material es más pesado y ejerce menos fuerza para hundir.

* Se hunde hasta la mitad por que absorbe el agua y ejerce aun menos fuerza que la de plástico.

ANEXO III Trabajo final de la estudiante Ambar Yisel Arias

Día	Mes	Año	Hora	Alumno	AMBAR YISEL ARIAS T♥	
24	04	12		Institución	Vista Bella.	
Curso	1002	Nivel	Superior	Hoja N°	de	Calificación
Profesor	Rodr Toño Reyes					5.0

1^{ra} Rta: Es obvio que se hundiría el hierro en el agua, esta depende de la forma que se le de al mismo.

2^{ra} Rta: Si depende porque según como este se hundiría y flotaría.

3^{ra} Rta: Si cambio de posición ya que empezó a llenarse de agua y como es más denso se fue hundiendo esta parte.

4^{ra} Rta: Lo que pasa fue la rotura en uno de los lados lo cual provoco que se llenara de agua y se hundiera.

5^{ra} Rta: Flotan igual, no importa la cantidad ya que en agua salada flota más.

6^{ra} Rta: Depende de la forma y de la masa.

7^{ra} Rta: En agua de mar porq' es salada.

8^{ra} Rta: Lo que pasa es que el mar Muerto es 10 veces más salado que todos los mares del mundo.

9^{ra} Rta: En que consiste el principio de Arquímedes?

Es un principio físico que afirma que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido será empujado con una fuerza igual al peso del volumen del fluido desplazado por dicho objeto de este modo cuando un cuerpo está sumergido en el fluido se genera un empuje resultante de las presiones.

• ¿Qué es densidad?

Rta: Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia o se expresa como la masa de un cuerpo dividida por el volumen que ocupa.

¿Que es peso?

Es la fuerza con la cual un cuerpo actúa sobre un punto de apoyo originando por la aceleración de la gravedad cuando esta actúa sobre la masa del cuerpo al ser una fuerza el peso es si mismo una cantidad vectorial de modo que esta caracterizada por su magnitud y dirección aplicado en el centro de la gravedad del cuerpo.

EXPERIMENTO.

Cuando hizo presión la botella se lleno completamente y el gotero bajo.

- El vapor fue el que frito más e hizo más presión al hundirlo.