

ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO Y LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL:
CONSTRUYENDO EL FENÓMENO DE FLOTACIÓN

ANA JENNIFER FONSECA CHALEAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
2016

ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO Y LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL:
CONSTRUYENDO EL FENÓMENO DE FLOTACIÓN

ANA JENNIFER FONSECA CHALEAL

ASESORA:
MARIA MERCEDES AYALA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
2016

Agradecimientos

A Dios por permitir culminar una nueva etapa académica. A mi madre por su constante entrega y paciencia durante estos dos años. A la profe María Mercedes por sus enseñanzas y correcciones a tiempo. A mis estudiantes que participaron de manera voluntaria y estuvieron apoyando este trabajo. A Nico por su paciencia y por estar ahí cuando mas le necesitaba. A mis compañeros de maestría por los momentos vividos.

Jennifer Fonseca

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de grado de maestría
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
TITULO DEL DOCUMENTO	Análisis histórico crítico y la actividad experimental: Construyendo el fenómeno de flotación
Autor(es)	Fonseca Chaleal, Ana Jennifer
Director	Ayala, María Mercedes
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2016, 132 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS, ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO, FENOMENOLOGÍAS, ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, EXPLICACIÓN.

2. Descripción
<p>El trabajo aborda aspectos relevantes en el ámbito de la enseñanza de las ciencias: la actividad experimental, la explicación, los análisis históricos críticos. Aspectos que se concretan y conforman una unidad en el contexto de la construcción del fenómeno de flotación en un espacio educativo particular. En particular, se presenta el análisis histórico crítico realizado del libro fuente de Arquímedes, <i>On Floating Bodies I</i>, y las construcciones fenomenológicas que surgen en torno al problema de la Flotación de los cuerpos en dicho contexto. ¿Qué construcciones fenomenológicas se pueden realizar y destacar en torno al fenómeno de la flotación, si este es abordado en el aula desde la actividad experimental? En este sentido ¿Qué aportes se pueden derivar del texto de Arquímedes considerado? son preguntas que guiaron el trabajo de investigación efectuado</p> <p>Se realiza un abordaje de diferentes referentes conceptuales en cuanto a las imágenes de ciencia y como estas se ven reflejadas en la manera en que se abordan las actividades experimentales, la explicación y la historia de las ciencias. El trabajo se enmarca en una visión de ciencia más humana en la que no se privilegian los contenidos conceptuales sino las construcciones en torno a un problema de conocimiento (la flotación de los cuerpos). Desde esta mirada se reconoce la actividad experimental como el medio que permite organizar el fenómeno cuestionado y sobre el cual se empieza a cimentar las explicaciones que al respecto dan los sujetos, las cuales no permanecen estáticas sino que se dinamizan en la misma medida en que el sujeto también cambia su manera de abordar el fenómeno.</p> <p>Para dar cuenta de las construcciones fenomenológicas que se dan en relación a la flotación de los cuerpos vía experimental, se propone un trabajo de aula para estudiantes de grado decimo del colegio Jaime Garzón I.E.D. de la ciudad de Bogotá. La propuesta se diseña, implementa y sistematiza para analizar las posibles construcciones fenomenológicas, y sobre ellas hacer un ejercicio de reflexión sobre la propia práctica docente para poder transformarla de tal manera que tenga sentido para los estudiantes y el maestro.</p>

Las reflexiones pedagógicas tienen una estrecha relación en cómo el maestro puede fortalecer sus prácticas cuando se concibe como un profesional que investiga en el aula de clase, como las ciencias es una actividad colectiva que es posible realizar en el aula en donde los estudiantes y maestros pueden establecer relaciones complejas en donde todos son sujetos activos que conocen.

3. Fuentes

Se cuenta con 41 referencias entre textos, artículos de revistas y publicaciones en internet. A continuación se muestran las más relevantes en cuanto a los aportes hechos en el trabajo investigativo.

Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-PosiÁies*, 19 - 37.

Ayala, M. M., Malagon, F., & Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 120 - 138.

García, E. (2009). Historia y enseñanza de las ciencias; perspectivas socioculturales. En E. García, *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza neumática e hidrostática* (págs. 19-34). Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.

Hacking, I. (1996). Interveir: La observación. En I. Hacking, *Representar e intervenir* (págs. 195 - 214). Barcelona: Paidós.

Halbwachs, F. (1977). Reflexiones sobre la causalidad Física. En H. Fr., J. Piaget, T. Kuhn, & M. Bunge, *Teorías de la causalidad* (págs. 25 - 46). Salamanca: Sígueme.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 299 - 313.

Koponen, I. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 31-54.

Orozco, J. C. (2005). Los estudios histórico críticos y enseñanza de las ciencias. (U. P. Nacional, Ed.) *Tecne, Episteme y Didaxis (TED)*(2), 70- 79.

Romero, A. (2011). Reflexiones acerca de la naturaleza d elas ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimetnación en la clase de ciencias. 71 - 79.

Rodríguez, L. D., & Romero, A. (1999). La construcción de la historicidad de las cienciasy la transformación de las prácticas pedagógicas. *Física y cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*.

4. Contenidos

El trabajo se desarrolla en cinco capítulos, los cuales son nombrados a continuación con su intención grosso modo.

1. En el planteamiento y la justificación del problema se presenta un marco de referencia sobre las principales preocupaciones e intenciones que llevan a la autora a realizar este trabajo investigativo en donde se recogen aspectos sobre el sentido en la enseñanza de las ciencias el rol del maestro y se argumenta por qué hacer del problema de la flotación de los cuerpos un problema de estudio en el aula.
2. En los referentes conceptuales se abordan imágenes de ciencia que están a la base de diversas maneras de enseñar ciencias de asumir la relación historia - enseñanza de las ciencias. En segundo lugar se aborda el trabajo experimental en las clases de ciencias, en especial, desde una mirada fenomenológica, según la cual el fenómeno no es dado sino construido desde las intenciones que guían el entendimiento y acción de los sujetos cuando se cuestionan por él. En tercer lugar, se examinan diferentes posturas sobre la explicación en la enseñanza de las ciencias, desarrollándose la seguida en este trabajo, desde la que se pone de manifiesto que a medida que se construye el fenómeno, las explicaciones se dinamizan desde las organizaciones hechas.
3. En la metodología se describe el tipo de investigación en la que se inscribe el trabajo y se propone la ruta metodológica de la propuesta de aula.
4. En el capítulo cuarto se presenta de manera detallada el análisis histórico crítico realizado del texto primario de Arquímedes: *On Floating Bodies I*.
5. El último capítulo está dedicado a la presentación y sistematización de la experiencia de aula y las conclusiones finales a las que se llega terminado el trabajo y las referencias citadas a lo largo del desarrollo del documento.

5. Metodología

La investigación, que puede considerarse un estudio de caso se desarrolla teniendo en cuenta tres aspectos claves: Uno, análisis del texto primario de Arquímedes, *On floating bodies I*; dos, diseño y realización de las actividades experimentales en la construcción fenomenológica de la flotación de los cuerpos; y, tercero, identificación y análisis de las construcciones fenomenológicas hechas desde la ruta particular de la actividad experimental AE.

Se plantea la metodología estudio de caso. Mediante este método, se podrá obtener una percepción más compleja del objeto de estudio entorno al fenómeno de la flotación, considerándolo como una entidad holística, cuyos atributos se pueden entender en su totalidad solamente en el momento en que se examinen todos los demás (análisis histórico crítico de los textos originales de Arquímedes, la actividad experimental AE y la construcción de fenómeno entorno a la flotación de los cuerpos) de manera simultánea, es decir, estudiar al objeto como un todo en sus múltiples interacciones a través

de un dialogo organizado de una situación real.

El tipo de caso utilizado en la presente investigación será según Stake (1995) un estudio intrínseco de carácter cualitativo en donde se tiene un interés particular por un caso o fenómeno que ya ha sido preseleccionado, el cual tiene como objetivo entenderlo en su totalidad desde la variedad de contextos temporales y espaciales; históricos, políticos, económicos, culturales, sociales y personales.

En la sistematización de experiencias se muestra como los estudiantes construyen el fenómeno de flotación desde las rutas experimentales, teniendo como evidencia para su análisis los testimonios escritos, verbales, así como los dibujos.

6. Conclusiones

A continuación se muestran algunas de las reflexiones finales que se proponen en el documento:

- La flotación alude a un fenómeno muy complejo que requiere ser sometido a un proceso de diferenciación para avanzar en su organización y análisis. ¿Qué es flotar? Es una pregunta válida. Para muchos incluye la acción de la superficie del fluido sobre el cuerpo (tensión superficial, caso de la aguja o limaduras de hierro). Efectos como “los cuerpos sumergidos en un líquido pesan menos”, también están ligados a la idea de flotar. Flotar, hundirse y quedar en medio del líquido son considerados por unos como posibles estados de flotación

- Arquímedes acude a la idea de equilibrio para caracterizar estos comportamientos. El equilibrio es pensado en términos de homogeneidad(o balanza de brazos iguales), donde cambios equivalentes no afectan la homogeneidad ni el equilibrio.

- Arquímedes inscribe la flotación en el fenómeno de sólidos en equilibrio inmersos en fluidos (condición). Distingue tres comportamientos: uno, donde el sólido ha sido proyectado sobre la superficie, otro, donde el sólido está completamente sumergido y el último, donde el sólido reposa al interior del fluido.

- La AE no es lo mismo que el experimento. Va más allá de una práctica de laboratorio, es una actividad compleja que implica la creación de fenómenos y su regularización; en general la medición, la manipulación de materiales instrumentos; implica también el enfrentamiento con las ideas propias que los sujetos construyen desde las experiencias adquiridas. Experimentar es crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos. En la práctica experimental se gesta el conocimiento y la posibilidad de transformar el mundo.

- Si bien se dice que la explicación no hace parte del enfoque fenomenológico, dado que se suele asumir que explicar es buscar detrás del fenómeno causas ocultas de tipo metafísico a las que se deben los efectos observados y de las que no se puede dar cuenta; es importante señalar que la organización de los efectos observados es, desde la perspectiva seguida sinónimo de explicación, descripción y comprensión (describir lo que acontece es señalar los rasgos o características relevantes del fenómeno y sus relaciones, y ponen de manifiesto la comprensión que se tiene del fenómeno. Explicación no es un argumento. Es un proceso de organización, es por ende dinámico y

cambiante al igual que el fenómeno mismo.

- La experiencia previa permite relacionar aquello que se desconoce con aquello que causa algún cuestionamiento, siendo tan significativa que permite hablar de lo desconocido. *En términos de (Kuhn, 1989) “Lo que un hombre ve depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo han enseñado a ver”.* Sin embargo, cuando la experiencia no se ajusta a los comportamientos esperados en los fenómenos, nos obliga a hacer nuevos análisis respecto a una situación determinada.

- Esta actividad no sólo aporta a la comprensión del fenómeno estudiado sino que le permite reconocerse a quien la realiza como actor o sujeto de conocimiento. Para que el texto primario tenga sentido, es condición tener preguntas e inquietudes sobre el fenómeno abordado en éste.

- Esta actividad le permite al maestro valorar las ideas de los estudiantes, visibilizar dificultades que se pueden tener en la organización del fenómeno y superar las expectativas de uso inmediato y adecuado de los términos científicos que circulan en los textos de enseñanza.

Elaborado por:	Ana Jennifer, Fonseca Chaleal
Revisado por:	María Mercedes, Ayala

Fecha de elaboración del Resumen:	25	02	2016
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
I. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.1 Objetivo general.....	21
1.2 Objetivos específicos.....	21
1.3 Antecedentes.....	21
II. MARCO TEÓRICO.....	26
LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS, LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL Y LA EXPLICACIÓN: REFERENTES CONCEPTUALES.....	26
I. LA RELACIÓN HISTORIA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: PERSPECTIVAS.....	26
1.1 Imagen de ciencia y su reflejo en la historia y enseñanza de las ciencias.....	27
1.1.1 <i>La ciencia desde una perspectiva positivista.</i>	27
1.1.2 <i>La ciencia como una actividad humana</i>	32
1.2 Posturas en torno a la relación historia enseñanza de las ciencias.....	34
1.2.1 <i>La enseñanza y la historia de las ciencias como una actividad de construcción de significados.</i>	38
1.3 Posturas en torno al análisis histórico crítico y su relación con la enseñanza de las ciencias.....	42
1.3.1 El recurso de los textos primarios en la construcción de un fenómeno.....	46
II. LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.....	49
2.1 La experimentación como una actividad.....	54
2.2 ¿Qué papel juega la experiencia en la actividad experimental?.....	56
2.3 La actividad experimental en la construcción de fenómeno.....	61
2.4 La actividad experimental en la construcción de explicaciones.....	64
III. LA EXPLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.....	67
3.1 Perspectivas sobre la explicación en ciencias.....	68
3.2 La explicación en la enseñanza de las ciencias.....	73
3.2.1 La explicación como forma de reconocimiento de sí mismo ante el conocimiento.....	77
III. METODOLOGÍA.....	79
3.1 Contexto de la investigación.....	79
3.2 Tipo de estudio de caso.....	80
3.3 Diseño metodológico.....	80

IV. ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO DEL TEXTO PRIMARIO: ON FLOATING BODIES I, ARCHIMEDES.....	84
V. SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE AULA	99
5.1 Recogiendo la experiencia.....	104
5.2 Construyendo el fenómeno de flotación desde la actividad experimental.....	112
5.3 Los textos primarios en la construcción de fenómeno.....	120
CONCLUSIONES	125
REFERENCIAS.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases del contexto de investigación	83
Figura 2. Intersección de planos con segmentos $OA=OB$	88
Figura 3. Superficie esférica de un fluido en reposo.....	89
Figura 4. Sólido inmerso con igual peso al fluido	90
Figura 5. Contrastación Proposición 3	91
Figura 6. Sólido parte inmersa en el fluido y parte proyectada a la superficie.	91
Figura 7. Sólido S y parte de fluido K.....	92
Figura 8. Peso del sólido BGHC igual al peso del fluido desplazado	93
Figura 9. Sólido AD y peso de cada una de las partes del sólido	94
Figura 10. Superficie del fluido y sólido S sumergido.....	95
Figura 11. Sólido más ligero que el mismo volumen de fluido	95
Figura 13. Tendencia de los estudiantes al darle dos características al cuerpo	106
Figura 14. Tendencia de los estudiantes al describir el proceso del cuerpo en el fluido.	108
Figura 15. Organización de los estudiantes respecto a la posición de equilibrio, grupo 3.....	110
Figura 16. Trabajo de clase, recogiendo la experiencia.	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la propuesta de aula en torno a la flotación.	102
Tabla 2. Tendencias de los estudiantes con relación a la flotación	105
Tabla 3. Testimonio oral, comportamientos de los cuerpos	111
Tabla 4. Organización experimental	113
Tabla 5. Cualidades respecto al fenómeno de flotación.....	114
Tabla 6. Nuevas ideas frente al fenómeno de flotación	115
Tabla 7 Situación desencadenante, grupo 2.....	116
Tabla 8. Tendencia testimonio estudiante	117
Tabla 9 Organizaciones finales por cada uno de los grupos participantes	118
Tabla 10 Reflexiones en torno a las proposiciones de Arquímedes	121
Tabla 11 Consideraciones finales por parte de los estudiantes respecto al trabajo de Arquímedes.	122

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente proyecto de investigación tiene por objetivo conocer las construcciones fenomenológicas que se pueden dar en torno al fenómeno de la flotación teniendo como ejes conceptuales para su desarrollo, 1) el análisis del texto primario de Arquímedes, *On Floating Bodies, Book I*, 2) el papel de la actividad experimental AE y 3) la construcción del fenómeno como un posible modo explicativo.

Brindar explicaciones del fenómeno de flotación de los cuerpos resulta ser más complejo de lo que parece, a pesar de la relación que se ha tenido con éste en diversos momentos de la vida. Se podría afirmar que lo que se percibe espontáneamente no es suficiente para nuestro entendimiento, se requiere en particular de una observación intencionada. Por ello, el presente trabajo desarrolla y discute los textos primarios de Arquímedes, *Sobre los cuerpos flotantes, Libro I*, interpretándolos en el marco de las inquietudes y cuestionamientos que nos surgen cuando abordamos dicho fenómeno. Se busca con ello elementos para la caracterización y organización del fenómeno entorno a la actividad experimental en el aula de clase.

El desarrollo de este trabajo se entenderá la actividad experimental no como el verificador o falsador de teorías, sino como la ampliación de experiencias que son mediadas desde las exploraciones intencionadas de los sujetos, permitiendo la construcción de magnitudes, medidas, formalizaciones y organizaciones que acompañan la construcción de fenómeno.

Por lo tanto, se hace importante con este trabajo generar condiciones que favorezcan una nueva mirada frente al conocimiento, donde se amplíe la experiencia y en esa medida se pueda establecer un dialogo con los aportes hechos por diferentes

pensadores y con la información que circula, permitiendo darle así un nuevo sentido a la enseñanza de las ciencias desde los intereses particulares de cada sujeto.

El documento se organiza por capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo I se encuentra la presentación y justificación del problema, los objetivos y delimitación del mismo.

En el capítulo II se encuentran todos los referentes conceptuales que aportan desde diferentes miradas en la construcción del fenómeno de flotación. Por ello se hace un abordaje desde los aportes que hace la historia de las ciencias en su enseñanza. Además, también se reflexiona sobre el papel del experimento en el aula y la manera en que se asumen las explicaciones en las clases de ciencias.

En el capítulo III se presenta el desarrollo metodológico del proyecto de investigación, el cual está enmarcado en el estudio de caso.

En el capítulo IV se presenta el análisis histórico del texto primario de Arquímedes para comprender la manera en que procede para tener elementos que aporten sobre las diferentes maneras en que se puede construir un fenómeno y así tener elementos para actuar en el aula sobre la manera en que nos relacionamos con la información que circula en nuestro medio.

Finalmente en el capítulo V se encuentran las consideraciones que se hacen respecto a los procesos explicativos de las construcciones fenomenológicas que se realizan del trabajo de aula propuesto y las conclusiones del trabajo investigativo.

I. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El hombre de antaño ha intentado desde diferentes puntos de vista e intereses entender el mundo y lo que allí sucede, ocupándose de brindar alguna explicación de los fenómenos que acontecen en él y hacerlo más confortable¹. En este proceso construye un mundo artificial, llamado ciencia; gracias a ella, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual que se va transformando a medida que se amplían las experiencias, haciéndola cada vez más profunda y exacta.

Ese mundo le es dado al hombre para enriquecerlo, moldeando la naturaleza de acuerdo a sus intereses y necesidades, a partir del cual construye explicaciones que se vuelven provisionales, pero no desechadas, ya que estas pueden adquirir sentido en otro momento y contexto. Desde esa mirada, la ciencia es una actividad constante de nuevas ideas. Estas ideas surgen del acto de explicar, pues ¡cuántas cosas creíamos entender hasta que las explicamos y nos dimos cuenta de nuestras lagunas! o inversamente ¡cuántas cosas entendimos y profundizamos en algunas temáticas al explicarlas! Ejemplo de ello es el fenómeno de la flotación de los cuerpos que, a pesar de ser parte de nuestra experiencia cotidiana, brindar explicaciones en torno a éste resulta ser más complejo de lo que parece; haciéndonos ver que lo que se percibe espontáneamente no es suficiente para brindar luces a nuestro entendimiento.

Por un lado, cuando se piensa en el significado del término explicar se puede poner de manifiesto que éste se refiere a un modo de comunicación en el que algo “complejo” se coloca en términos “sencillos” o “coloquiales”. Según el Diccionario de la Real Academia Española, la (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2014)² la acción de explicar está ligada con la forma de comunicar nuestras ideas en un lenguaje perceptible. Para otros, el explicar está ligado a la comprensión que se llega de algo cuestionable. Guerrero

¹ Cuando se hace referencia que el hombre siempre se ha preguntado por los eventos de la naturaleza, es importante tener en cuenta que no todos los sujetos se cuestionan del mismo modo para brindar explicaciones a diferentes fenómenos sino que algunos los hacen con ciertas particularidades y minucia, estos son, los hombres de ciencia.

² . tr. Declarar, manifestar, dar a conocer lo que alguien piensa. U. t. c. prnl 2. tr. Declarar o exponer cualquier materia, doctrina o texto difícil, con palabras muy claras para hacerlos más perceptibles.

(2012) afirma que “explicar un hecho es hacerlo inteligible o comprensible: solicitar una explicación es querer entender o comprender algo; el propósito de la explicación es producir ese entendimiento o comprensión que se desea.”

Desde otra mirada el explicar está fundamentado en las teorías, pues desde ellas se explican los fenómenos, (García R. , Definibilidad de un sistema, 2006) establece que una explicación física consiste simplemente en demostrar que un fenómeno dado es una consecuencia de leyes ya aceptadas. Esta posición no la comparte (Duhem ,1914) quien plantea que, una teoría física no es una explicación, es un sistema de proposiciones matemáticas deducidas de un pequeño número de principios cuyo objeto es representar de la manera más simple, más completa y más exacta posible un conjunto de leyes experimentales o de regularidades que se pueden establecer en la organización de la experiencia en torno a una cierta clase de eventos o fenómenos.

Desde las anteriores miradas acerca de la explicación, se evidencia que estas derivan de una imagen de ciencia permeadas por posturas filosóficas y epistemológicas, por ello se hace manifiesta la siguiente pregunta transversal al proyecto de investigación:

¿Cómo se puede entender la explicación en la enseñanza de las ciencias desde el abordaje fenomenológico de la flotación de los cuerpos?

Las nociones de explicación presentadas anteriormente, de alguna u otra forma, están ligadas con la construcción y validación del conocimiento científico, en donde las preguntas por qué, para qué o cómo suceden determinados fenómenos, intentan responder a un modo de explicar. Estas son las que direccionan la construcción de explicaciones, ya que dependen directamente de las intenciones del individuo. La pregunta que quedaría planteada es, ¿cuándo se da una explicación acerca de algo, está cada vez se complejiza o por el contrario permanece estática?

El mítico rey de Atenas Teseo, propuso la siguiente paradoja:

Cuando se han reemplazado todas las partes del barco, ¿sigue siendo el mismo barco?

Tal antinomia se puede transformar para brindar luces acerca de la complejidad que se encierra en el momento de intentar dar una explicación al fenómeno de los cuerpos flotantes, ya que cuando se piensa en éste las posibles explicaciones están limitadas por la percepción directa, de manera que se considera que todos los cuerpos livianos pueden flotar (el corcho flota), mientras que los más pesados se sumergen en el fondo del líquido (un bloque de acero se hunde). Pero, por otro lado, si se piensa por ejemplo, en una fina aguja de acero, se sabe que ésta puede reposar en la superficie del líquido; por lo tanto la anterior idea no podrá ser generalizada; el mismo problema surge, si se piensa en un objeto con grandes dimensiones como las de un barco, en donde una parte queda sumergida en el líquido y la otra fuera de él; o cuando se piensa en el comportamiento de un submarino. De esta situación, desde las prácticas pedagógicas se evidencia que los estudiantes para explicar el fenómeno de la flotación, suelen usar un esquema monocausal; es decir, cuando dan una clasificación entre los cuerpos que flotan y los que no lo hacen, lo suelen conectar únicamente con una causa, el peso.

Por otro lado, al trabajar con docentes en formación y egresados de Licenciatura en Física y Ciencias Naturales de diferentes universidades³ se encuentra que si bien se reconoce una estructura de pensamiento más organizada, ya que sus primeras inferencias acerca del fenómeno se deben a diferentes causas, peso específico, la densidad del cuerpo y del líquido, la relación del medio y el cuerpo etc., al mostrar una serie de elementos de diferentes características como el peso, el volumen y material, no logran explicar de manera de manera general por qué los cuerpos flotan.

Es en este punto es donde la actividad experimental empieza a jugar un papel importante en la construcción de explicaciones de modo que permita tener una mirada holística del fenómeno, asignando un esquema explicativo multicausal.

La imagen que comúnmente se le ha otorgado al experimento en la enseñanza de las ciencias, deriva del legado que promovió el Circulo de Viena con su empirismo lógico,

³ Las actividades experimentales se realizaron en la Universidad del Valle en el VII Congreso Nacional de Enseñanza de la Física, 1er Escuela Latinoamericana de Enseñanza de las Ciencias y la Astronomía en torno al fenómeno de flotación con el fin de recoger elementos que aporten al desarrollo de esta investigación.

otorgándole el papel de falsador o verificador de teorías. Por lo tanto, el desarrollo de este trabajo se entenderá la actividad experimental no como la verificación de teorías, sino como la ampliación de experiencias que son mediadas desde las exploraciones intencionadas de los sujetos, permitiendo la construcción de magnitudes, medidas y formalizaciones en los procesos de organización de las mismas. Desde esta perspectiva, la AE⁴ contribuye a nuevos planteamientos y cuestionamientos en cuanto a los problemas conceptuales que están inmersos en el fenómeno de los cuerpos flotantes permitiendo de esta manera identificar algunos criterios del trabajo experimental que permitan cualificar el fenómeno desde las intenciones que se tienen como sujetos, o en palabras de (Izquierdo, 1999)

“Ningún conocimiento científico es un <retrato del mundo > sino que siempre es el resultado de una intervención intencionada en determinados fenómenos, que ha sido interpretada y comunicada a personas que comparten valores y expectativas. Por ello, los conocimientos escolares no pueden ser ya <los programas> de siempre basados en conceptos que proporcionan una visión rígida y dogmática del mundo sino que han de ser la ocasión para plantear preguntas que inciten a la intervención y a la reflexión sobre fenómenos y relaciones entre fenómenos que sean relevantes para comprender los temas científicos de actualidad.”

Desde la anterior mirada, la actividad experimental permite que trasciendan las explicaciones,⁵ ya que se empiezan a evidenciar patrones que interfieren en el fenómeno. En este punto lo que se percibe debe ir más allá y es donde la observación empieza a jugar un papel importante como lo plantea R. Feynman (s.f.) en el siguiente texto:

“Tengo un amigo artista que suele adoptar una postura con la que yo no estoy de acuerdo. Él sostiene una flor y dice: “Mira qué bonita es”, y en eso coincidimos. Pero sigue diciendo: “Ves, yo, como artista, puedo ver lo bello que es esto, pero tu como científico, lo desmontas todo y lo conviertes en algo anodino”. Y entonces pienso que él está diciendo tonterías. Para empezar la belleza que él ve también es accesible para mí y para otras personas, creo yo. Quizá yo no tenga su refinamiento estético, pero puedo apreciar la belleza de una flor. Pero al mismo tiempo, yo veo mucho más en la flor que lo que ve él. Puedo imaginar las células que hay en ella, las complicadas acciones que tienen lugar en su interior y que también tienen su belleza. Lo que quiero decir es que no solo hay belleza

⁴ AE: Actividad Experimental

⁵ Cuando se hace referencia a que las explicaciones trasciendan, se hace manifiesto que se espera que estas pasen de un esquema monocausal a un esquema policausal.

en esta escala de un centímetro: hay también belleza en una escala más pequeña, en la estructura interna. También los procesos, el hecho de que los colores de la flor evolucionan para atraer insectos que la polinicen es interesante, pues significa que los insectos pueden ver el color. Añade una pregunta ¿existe también este sentido estético en las formas inferiores? ¿Por qué es estético? Todo tipo de preguntas interesantes que ponen de manifiesto que un conocimiento de la ciencia añade algo a la excitación, el misterio y el respeto por una flor.”

Feynman hace manifiesto la manera en que nos relacionamos con los eventos que acontecen a nuestro alrededor. Esa manera particular de caracterizarlo es lo que nos lleva a pensar más allá, en buscar cualidades en ciertos eventos que nos ayuden a comprender el mundo en que vivimos. En la medida en que se intenta dar explicaciones a los fenómenos surgen nuevos interrogantes y estos a la vez son los que nos permiten seguir construyendo explicaciones cada vez más “sofisticadas” acerca de estos, siendo la actividad experimental el puente que permite el acercamiento directo con el fenómeno. Desde este punto, la experimentación es asumida de forma diferente a la usual⁶.

Por otro lado, el uso de historia en la enseñanza de las ciencias se hace cada vez más evidente en la construcción de conocimiento. Sin embargo los diferentes textos que la contemplan, lo hacen de manera anecdótica y cronológica, haciendo un recuento biográfico de los generadores de teorías leyes y enunciados. Además, nunca explicitan las controversias que suscitaron las diferentes problemáticas en cada una de las épocas y que posibilitaron una construcción científica socialmente aceptada.

De alguna forma, los textos muestran una imagen de ciencia reducida a algoritmos y enunciados que representan teorías y leyes construidas linealmente, desde esta mirada el fenómeno de la flotación de los cuerpos no es la excepción, pues no es tratado como un problema de conocimiento que suscito para Arquímedes un modo de pensar y desarrollar sus proposiciones en la construcción de la flotación, sino que se termina reduciéndose todo a un enunciado y ecuación que lo resume, “todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje vertical, hacía arriba, que

⁶ El papel que usualmente se le otorga a la actividad experimental es demostrativa, en la medida en la que se pretende corroborar algunas teorías, leyes o enunciados conceptuales. (Koponen, 2006) desde esta mirada afirma que pueden haber teorías o modelos que no coincidan con las observaciones y experimentaciones por lo que se manipularan los datos para obtener los resultados esperados.

es igual al peso del volumen del líquido desplazado.”⁷ En palabras de (Bachelard, 2004)

“Abrid un libro de enseñanza científica moderno: en él la ciencia se presenta referida a una teoría de conjunto. Su carácter es tan evidente que se hace muy difícil saltar capítulos. En cuanto se han transpuesto las primeras páginas, ya este deja hablar más al sentido común; ya no se atiende más, a las preguntas del lector. En él, el Amigo lector sería con gusto reemplazado por una severa advertencia: ¡Atención, alumno! El libro plantea sus propias preguntas. El libro manda”

Es por ello que leer los textos originales de Arquímedes puede promover un análisis histórico crítico de los mismos, donde no se trata de repetir los enunciados y volverlos un trabajo experimental sino que es un problema de conocimiento en el que se amplían las experiencias y se reflejan los intereses de los sujetos por construir conocimiento dando sentido a lo que aprenden.

Por lo tanto, se hace importante con este trabajo generar condiciones que favorezcan una nueva mirada frente al conocimiento, donde se amplíe la experiencia y en esa medida poder establecer un diálogo con los aportes⁸ hechos por diferentes pensadores y con la información que circula, permitiendo darle un nuevo sentido a la enseñanza de la ciencia desde los intereses particulares de cada sujeto de manera que se ilustre algunos criterios y elementos tenidos en cuenta en la búsqueda y elaboración de estrategias para el planteamiento de actividades en el aula. Desde las preocupaciones planteadas surge la siguiente pregunta:

¿Qué construcciones fenomenológicas se pueden realizar y destacar en torno al fenómeno de la flotación, si este es abordado en el aula desde la actividad experimental?

Ya que la pregunta implica varios elementos, se hace necesario para su desarrollo, apoyarse en la siguiente pregunta auxiliar:

⁷ Tomado de hipertexto Física 1, Editorial Santillana. Estos son los textos que se encuentran en las instituciones educativas distritales, pues las editoriales participan en un banco de oferentes.

⁸ Los aportes en el presente trabajo estarán enmarcados en el análisis histórico crítico de los libros originales de Arquímedes.

¿Qué aportes se pueden derivar del texto de Arquímedes considerado?

1.1 Objetivo general

Identificar las construcciones fenomenológicas que se pueden dar en la flotación de los cuerpos, a partir de las actividades experimentales y el análisis histórico crítico de los textos originales de Arquímedes, para así construir argumentos de carácter cualitativo que aporten en la elaboración de estrategias de aula para la enseñanza de las ciencias.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis histórico crítico de los libros originales de Arquímedes en torno a la flotación de los cuerpos, con el fin de entablar un diálogo que permita tomar postura crítica frente al fenómeno.
- Diseñar actividades experimentales que aporten en la construcción del fenómeno de flotación en la enseñanza de las ciencias.
- Establecer de manera fundamentada elementos que aporten en la construcción de la flotación de los cuerpos, para así dar elementos que aporten en la elaboración de estrategias de aula en la enseñanza de las ciencias.

1.3 Antecedentes

Desde las áreas en las que se desarrollará el siguiente trabajo, no se encontró un trabajo que tuviera en cuenta los siguientes elementos para su desarrollo: la construcción del fenómeno de flotación desde el análisis histórico crítico de los libros originales de Arquímedes y la actividad experimental. Por ello a continuación se

muestran de manera desligada los trabajos que de alguna forma incluye uno o dos de los elementos abordados en el proyecto de investigación.

Investigaciones en torno al fenómeno de flotación

1. En marzo de 2009 fue presentado en la facultad de Filosofía, Artes Humanidades de la Universidad Nacional de San Juan en Argentina, el siguiente trabajo de grado: Una experiencia propuesta como tarea de investigación en enseñanza secundaria sobre las condiciones de flotabilidad de una embarcación por Carla Maturano y Susana Aguilar.

El trabajo se enmarca en el modelo de aprendizaje como investigación orientada. Su objetivo consistió en hacer uso de una situación problemática experimental, para hacer un análisis de las ideas de los estudiantes, antes, durante y después del proceso. Las actividades se organizaron en una guía de trabajo diseñada por el equipo que incluyó estrategias dirigidas al tratamiento cualitativo de situaciones problemáticas (las condiciones que debe cumplir un barco para que flote en agua), la formulación de hipótesis, el diseño y realización de experiencias en grupos pequeños para contrastar las hipótesis emitidas y la comunicación de los resultados. Como resultado se evidenció la visión del trabajo científico como actividad abierta y creativa promovió la participación de los estudiantes en el trabajo colectivo, la explicitación de las propias ideas, la búsqueda de soluciones alternativas a una situación problemática y la aceptación del punto de vista del otro. La reflexión permanente favoreció la vivencia de la actividad científica como un continuo proceso de construcción y reconstrucción de conocimiento.

2. En abril de 2010 fue presentado a la revista Latin American Journal Physics Education LAJPE los resultados realizados en una investigación educativa en la facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Puebla el siguiente trabajo: Un frasco flota en el agua y se hunde en el aceite: cómo los alumnos de bachillerato explican tales hechos y qué predicen para una situación más compleja, por Alejandrina Madrigal García y Josip Slisko.

El trabajo tuvo como propósito conocer (1) los esquemas explicativos que sostienen los estudiantes sobre la flotación en situaciones simples (un frasco en agua o en aceite) y (2) los esquemas predictivos y explicativos para las situaciones complejas (el mismo frasco en el agua y el aceite). Encontrando que al igual que los estudiantes de primaria, los alumnos de bachillerato usan básicamente los esquemas monocausales y no son capaces de elaborar los esquemas policausales, incluso, en la situación compleja. Sin embargo, cuando han conocido el comportamiento hidrostático del cuerpo en la situación compleja, se pueden notar los cambios favorables en las ideas de los estudiantes. Concluyendo que, esos cambios, en los diseños didácticos más sofisticados y con una inversión de tiempo mayor, podrían ser la base para un desarrollo cercano a los esquemas explicativos aceptados por los científicos.

Investigaciones en torno al análisis histórico crítico de los textos originales

1. En abril de 2011 fue presentado a la Universidad Autónoma de España, para obtener el título de grado de Doctor en didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales el siguiente trabajo: Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte Histórico y filosófico en la física de campos por Edwin García Arteaga.

Es por eso que el objetivo principal de este trabajo es identificar en los textos de física general la estructura retórica presente, en cuanto a la presentación de los contenidos y los aportes de la historia y filosofía de la ciencia, particularmente en lo que tiene que ver con las prácticas experimentales; establecer relaciones con las explicaciones de los estudiantes y poner en evidencia la necesidad de avanzar en propuestas alternativas de organización de los contenidos en la enseñanza de la física.

El trabajo se inscribe en el marco general de la problemática relacionada con la enseñanza de las ciencias, en particular con la enseñanza de la física a nivel de la formación inicial docente. Centra la atención en dos actores fundamentales del sistema didáctico; estudiantes y contenido, en el marco de los aportes de la historia y filosofía de la ciencia. Se considera la relación existente entre los “modos” de explicación de los estudiantes y la que brinda los libros de física con los que se estudia, en torno a los fundamentos de la teoría de campos. Tomamos como campo de estudio el electromagnetismo, dada la importancia de su aprendizaje para la sociedad actual. El trabajo corresponde a una investigación cualitativa de carácter interpretativo, en la que se consideraron varios tipos de recursos físicos y humanos: Documentos y textos científicos originales, documentos de historiadores, filósofos y didactas de las ciencias y estudiantes en formación inicial docente.

Investigaciones en construcciones fenomenológicas

1. En mayo de 2011 fue publicado en el libro *“El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes”* una sección de este, resultado del proceso investigativo del programa en especialización en docencia de las ciencias naturales para el nivel básico de la Universidad Pedagógica Nacional, titulado la densidad como magnitud organizadora del fenómeno de flotación de los cuerpos por César Augusto Torres Cabra.

El trabajo está enmarcado en un enfoque de estudio de caso, el cual tiene como propósito reflexionar en torno al trabajo experimental y sobre como desde este se puede desligar la construcción de magnitudes que permitan entender el campo fenoménico en cuestión. Para ello se escoge la densidad como un problema de conocimiento que explica la flotación de los cuerpos pues este concepto siempre es tratado en el aula de manera algorítmica. Esta manera de asumir el fenómeno permite vincular algunas de las organizaciones sensoriales de cuerpos que se hunden o flotan en diferentes medios, establecer una escala

de flotabilidad y posteriormente plantear algunas preguntas acerca de la organización conceptual y teórica implicada en la comprensión del concepto de densidad.

2. En febrero de 2014 fue presentado en la Facultad de Ciencia y Tecnología del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional el siguiente trabajo: Construcción de fenomenología, experimento y actividad del sujeto: el caso del magnetismo por Martha Lucía Rodríguez Rodríguez para optar el título de Maestría en docencia de las ciencias naturales.

El objetivo principal de este trabajo describe la problemática en torno a la caracterización del imán como prototipo de lo magnético, realizando un estudio histórico-crítico basado en planteamientos de Gilbert y Faraday y el análisis de un ejercicio de recontextualización de éstos y de ampliación de la experiencia sobre lo magnético con estudiantes de sexto grado.

Como punto de partida se considera que el enfoque fenomenológico da respuesta a esta problemática. Se fundamenta y caracteriza la forma cómo es asumida la perspectiva fenomenológica adoptada en la investigación, mostrándola como una manera de reivindicar el sujeto en los procesos cognitivos desarrollados en las clases de ciencias, en particular en la construcción de la fenomenología del magnetismo en su fase introductoria: caracterización del imán.

II. MARCO TEÓRICO

LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS, LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL Y LA EXPLICACIÓN: REFERENTES CONCEPTUALES

Para el desarrollo de la investigación se tiene en cuenta las siguientes áreas específicas a profundizar: la historia en la enseñanza de las ciencias, el análisis histórico crítico del libro primario de Arquímedes sobre la flotación de los cuerpos y la construcción de fenomenologías.

I. LA RELACIÓN HISTORIA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: PERSPECTIVAS

Las últimas investigaciones en enseñanza de las ciencias, muestran que la Historia de las Ciencias (HC) es un elemento que se ha ido introduciendo cada vez más en este campo con el fin de mejorar las prácticas educativas en sus diferentes niveles; muestra de ello es el creciente número de publicaciones y eventos dedicados al tema en la última década. El afán de incluir la HC como un nuevo elemento en el aula por parte de los maestros es cada vez mayor, sin embargo el uso más generalizado se da en la inclusión de cuentos, biografías, anécdotas y narraciones en los diseños de estrategias de aula cuyo fin es motivar el trabajo que se hace en las clases de ciencias.

Es de rescatar que la concepción que se tenga de la HC depende intrínsecamente de la imagen de ciencia que tenga el sujeto que hace uso de ella. Por esto antes de discutir sobre la incorporación de la HC en su enseñanza, se muestra inicialmente algunas concepciones emergentes en torno a la ciencia y cómo esta se refleja en la enseñanza, para posteriormente tener elementos en la clarificación de la relación Historia-enseñanza de las ciencias.

1.1 Imagen de ciencia y su reflejo en la historia y enseñanza de las ciencias.

Reflexionar sobre la naturaleza de la actividad científica en cuanto a sus dinámicas sociales y sobre el conocimiento mismo, ha llevado a diferentes cuestionamientos por parte de filósofos, sociólogos, lingüistas, psicólogos, antropólogos, historiadores y docentes investigadores de la ciencia sobre aspectos fundamentales como: la naturaleza del método, el papel del experimento, la validez y legitimidad del conocimiento, entre otros. Las respuestas a los diferentes cuestionamientos han generado corrientes de pensamiento divergentes, por lo cual no existe un acuerdo general sobre qué HC puede mejorar la enseñanza de las ciencias, pues es claro que el maestro debe tomar postura frente a ella desde la imagen de ciencia que considere. Dos imágenes principales distinguimos: la ciencia desde una perspectiva positivista y la ciencia como una actividad humana, por ello, el desarrollo del siguiente apartado y basado en buena parte en el texto “La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias” de Rodríguez L. D. (1996) se dedica a caracterizar algunas imágenes de ciencia y cómo ésta ha influido en lo que se entiende como el quehacer del historiador de las ciencias, así como en la manera en que se asume la relación historia-enseñanza de las ciencias.

1.1.1 La ciencia desde una perspectiva positivista.

La corriente filosófica del positivismo o empirismo lógico como también se conoce, surge a finales del siglo XIX para justificar la mecánica como la única forma de explicar el comportamiento de la naturaleza y el método inductivo como procedimiento universal de investigación. Para los empiristas lógicos lo importante de la ciencia es mostrar que sus verdades hacen referencia a una realidad donde el científico descubre los hechos y los representa por medio de leyes objetivas y universales. Esta perspectiva muestra una concepción de realidad, donde los hechos y fenómenos naturales existen por sí mismos, independientemente del observador, por lo tanto el

papel del científico es descubrirlos y enunciar las leyes o teorías que dan cuenta de ellos, (Echeverría, 1998)

Se puede entender entonces la ciencia como un cúmulo de conceptos, leyes, principios y teorías estructuradas a partir de una serie de enunciados que muestran aspectos objetivos de la naturaleza, imagen según la cual lo que es realmente importante en la ciencia son los resultados exitosos, lo que conlleva a mostrarla como un producto terminado y a los conceptos y leyes como lo que se debe divulgar a la sociedad. Así como lo plantea, (Ayala & Rodríguez, 1996) se concibe el conocimiento independiente de toda acción humana, lo que hace evidente la separación entre el sujeto y el objeto de conocimiento, el sujeto descubre y compila lo que está en el objeto, el cual se considera tiene una existencia independiente de él.

Los historiadores formados en esta corriente llegaron a considerar el carácter lineal y evolutivo del conocimiento científico, es decir, lo importante de los hechos es saber el cuándo, por qué, dónde, quién y de qué manera se descubrió algún acontecimiento o se creó alguna máquina o artefacto, haciendo de los hallazgos y errores como el objeto de trabajo del historiador de la ciencia.

Es claro que esta corriente positivista reconoce que la actividad científica está hecha por hombres, sin embargo pareciera que se concibe a ésta como un ente hermético, en donde su pensamiento debe estar dirigido únicamente a la presentación de hechos racionales que den cuenta de verdades objetivas. Esta idea lleva a pensar la exclusión de todo aspecto social que segrega la idiosincrasia, ideología, postura política y religiosa de los sujetos en el campo de la ciencia cuando se hace referencia a la objetividad de la misma.

De ahí que la ciencia termine siendo una acumulación de información, ya que sólo se validan a unos pensadores, por lo tanto no se podría pensar la ciencia como una construcción social en la que se pueden tener diferentes caminos, los cuales dependen de las intenciones que como sujetos se tengan. Más allá de que haya una teoría, ley o enunciado más válido que otro, lo que aquí interesa en cuanto a dar un papel a la historia en la enseñanza es mostrar la ciencia como parte de unas dinámicas (sociales,

políticas, religiosas, económicas, etc.) en la que influyen diferentes factores para la construcción de conocimiento.

Cuando la ciencia es considerada como el resultado mismo de la investigación científica, las leyes o principios se hacen universales y por lo tanto independientes de quienes las producen, de las polémicas que dan lugar a los mismos, de los intereses a los que responden, y de los contextos de producción y validación, se da lugar a una historia de las ciencias cronológica, acumulativa y lineal. (Echeverría, 1998)

Ahora bien, mirado desde la perspectiva positivista el papel del historiador queda relegado únicamente a organizar los datos que le permitan verificar la realidad que debe contar. (Carr, 1978) caracteriza la historia de la siguiente manera⁹:

Generalmente la historia se identifica con el pasado, con los hechos que ya ocurrieron y corresponde al historiador mostrar lo que realmente sucedió. El pasado está constituido por hechos reales, evidentes, y el historiador debe contar esa realidad objetiva; los hechos son sagrados.

Entonces se podría decir que desde el enfoque positivista a la HC le corresponde mostrar la información más relevante de los hallazgos y errores que se cometen en la constitución de los resultados científicos. No obstante, (Duhem, 1903) refiriéndose al trabajo que E. Mach, creador e impulsor del Círculo de Viena, pone de manifiesto en su Historia de la Mecánica dice que para Mach “cada ley física es la suma económica de un inmenso número de hechos que nos permite conocer el carácter que por una u otra razón consideramos importante y no la totalidad de cada uno de esos hechos”. De la imagen de ciencia planteada en esta cita se puede decir que el historiador debe privilegiar las síntesis económicas de hechos que se consideran contribuyeron a la cimentación de un concepto, ley o teoría, mostrando de esta manera la evolución que ha experimentado el conocimiento científico y generando así una imagen de historia lineal, acumulativa y progresiva dando la idea que lo más moderno tiene mayor validez.

Por otro lado si se examina la relación historia enseñanza de las ciencias, según Kuhn los libros de texto suelen tergiversar el sentido de la historia y hacen que se maneje

⁹ Tomado de RODRÍGUEZ, L.D. y AYALA, M.M.

una imagen de ciencia a-problemática donde todo funciona de la misma manera; en sus palabras al respecto (Kuhn, Introducción: Un papel para la historia, 1962)

...es inevitable que la finalidad de esos libros sea persuasiva y pedagógica; un concepto de la ciencia que se obtenga de ellos no tendrá más probabilidad que ajustarse al ideal que los produjo, que la imagen que logra obtenerse de una cultura nacional mediante un folleto turístico o un texto para el aprendizaje de un idioma. La historia de la ciencia se convierte en una disciplina que relata y registra esos incrementos de hechos sucesivos y los obstáculos que han inhibido su acumulación.

La analogía a la cual acude Kuhn para presentar el uso de la HC muestra cómo ésta se puede convertir únicamente en el aprendizaje memorístico y acumulativo de información que no genera una imagen significativa sobre los aspectos de las dinámicas de la actividad científica al igual que lo hace sobre la cultura de un pueblo un folleto turístico. Este tipo de hacer historia de las ciencias es criticado por (Kuhn, Introducción: Un papel para la historia, 1962)

Si se considera la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva en la imagen que tenemos actualmente de la ciencia... imagen trazada previamente, incluso por los mismo científicos... y que se encuentran en los libros de texto con los que cada una de las nuevas generaciones de científicos aprenden a practicar su profesión.

Podemos afirmar entonces que la imagen positivista de la ciencia no sólo ha repercutido sobre la manera de concebir la historia sino que también ha causado eco en la enseñanza donde se considera que lo importante es enseñarla como la verdad objetiva e incuestionable que no es susceptible a los errores. Se refuerza una imagen de ciencia como el conjunto de leyes, conceptos y teorías los cuales se presentan en el ámbito escolar como verdadero y único sobre lo que no se puede cuestionar.

Un rasgo predominante de este tipo de enseñanza es el carácter a-problemático que tienen que asumir los estudiantes donde no hay preguntas ni posibilidades de que pongan en juego su experiencia, sus formas de pensar, relacionarse con los demás y con la información que circula. Más aún, en la mayoría de los casos no se tiene una experiencia con aspectos sensibles a los que hace referencia los conceptos y leyes enseñados. El papel que tiene el estudiante es repetirlos y usarlos en la solución de ejercicios o en el experimento en el caso en que se aborde alguno. Al maestro por su

parte le corresponde dosificar la transmisión de dichos conceptos e ilustrarlos con algunos eventos de la cotidianidad que faciliten su aprehensión, además ejercer un control que impida a los estudiantes apartarse de la doctrina oficial.

Asumir de esta manera la enseñanza de las ciencias implica que los textos escolares usados tengan un sentido de autoridad sobre los estudiantes y el maestro, convirtiéndose en el mediador fundamental entre el conocimiento común y científico en el aula, al ser el responsable de transmitir de la mejor manera las definiciones, ecuaciones matemáticas, los experimentos, el planteo y la solución de ejercicios donde estos conocimientos se pueden aplicar. El texto escolar juega el papel más importante en el proceso de enseñanza realizado en el aula: la validación de cualquier afirmación en torno a una temática enseñada es en general referida al texto.

De otra parte, desde esta concepción de ciencia, el único uso posible que se le puede dar a la HC es para nombrar ciertos aspectos biográficos y circunstanciales de los gestores del conocimiento que los llevó a un descubrimiento o planteamiento teórico, con lo que se espera motivar a los estudiantes; dándoles también a maestros y estudiantes un papel pasivo frente a la historia de las ciencias. Al respecto (García E. , Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje., 2011) plantea lo siguiente:

La relación de exterioridad del maestro con relación a la HC se hace evidente en esta imagen, no se reconoce como sujeto cognoscente y transformador y por lo tanto se ubica solamente como un divulgador de una historia, “la historia verdadera”. Tampoco se reconoce al estudiante como ser activo con ideas y percepciones del mundo real.

Actualmente vincular la historia de la ciencia a la enseñanza de la misma responde generalmente a la “moda actual” sin ningún fundamento ni reflexión; donde predomina la esfera de lo cronológico y anecdótico sin que haya propuestas de aula que desarrollen de fondo discusiones alrededor de estudios históricos epistemológicos. (Orozco, 2005).

Evidencia de ello, son los libros escolares que presentan en general una imagen de historia de la ciencia que termina siendo reduccionista en cuanto solo se da

importancia a las fechas, anécdotas de los principales exponentes de una teoría, ley o enunciado, así como partes de la vida y obra del científico. Así por ejemplo, al hacer una revisión de diferentes textos en torno al fenómeno de la flotación, se encuentra que estos no lo abordan como un problema de conocimiento que suscitó el interés de Arquímedes (287 a. C. – c.a. 212 a.C.) y otros pensadores como Galileo (1564 – 1642), sino que todo su trabajo¹⁰ se resume en el señalamiento de unas fechas y lugares, la narración de la conocida anécdota de la corona del rey Hierón, a la ilustración mediante ejemplos y aplicación a ejercicios del postulado de Arquímedes y a su enunciación en la siguiente forma, «Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja».¹¹

Sin embargo, aquellos que han reflexionado sobre la incidencia o el fin que tiene la historia de las ciencias en el aula rescatan que ésta permite una mejor comprensión de los conceptos científicos, un mejor entendimiento de las teorías, una comprensión de los obstáculos y posibles dificultades de los alumnos, una concepción de ciencia como empresa colectiva e histórica, un entendimiento de las relaciones ciencia cultura y sociedad, (Matthews, 1994). En este sentido, la ciencia, su enseñanza y aprendizaje permiten reivindicar el carácter racional de las ciencias suponiendo en mayor o menor medida la reconstrucción intelectual en la producción de conocimiento.

1.1.2 La ciencia como una actividad humana

Desde las reflexiones y las discusiones generadas al trabajo que promovió el empirismo lógico sobre la actividad científica siempre se ha cuestionado el concepto de verdad,¹² permitiendo así nuevos sentidos para la construcción de conocimiento

¹⁰ El fenómeno de flotación de los cuerpos es abordado por Arquímedes en dos libros, donde presenta y desarrolla su postulado a partir de 9 proposiciones. Estas son desarrolladas geoméricamente en donde tiene en cuenta diferentes factores para su final enunciado.

¹¹ Física general Tomo I, Alvarenga B. Editorial Pearson

¹² Uno de los trabajos más importantes a este respecto fue el de Popper sobre la falsación de las teorías, donde argumenta que la verificación de teorías y leyes no es posible y que sólo se puede mostrar si una proposición científica es falsa, pero nunca si es verdadera.

científico. Al pasar del análisis de los resultados de la actividad científica¹³ a la actividad científica como tal¹⁴ se dio la posibilidad de otros centros de análisis¹⁵ y también a la consolidación de nuevas posturas que destacaron el carácter histórico y relativista del quehacer científico.

Así una gran corriente constructivista y relativista emergió desde las últimas décadas del siglo XX, empezando a tenerse en cuenta nuevos elementos para la comprensión del conocimiento y de las dinámicas científicas. Desde esta perspectiva la naturaleza pierde ese carácter de ente dado y exterior al sujeto que lo conoce, susceptible de ser conocido de manera directa, para convertirse en un constructo humano que se elabora colectivamente a partir de las inquietudes y cuestionamientos que se tienen respecto a su entorno volviéndose de esta manera el conocimiento y la naturaleza misma dependiente de las condiciones socioculturales en las que se elabora y valida.

Por lo tanto, el relativismo brinda elementos para pensar la ciencia en una dimensión humana, donde el conocimiento elaborado por la comunidad científica pierde el carácter universal volviéndose dependiente de quienes lo construyen y de las condiciones en que se elabora, socializa y valida. Desde esta perspectiva la idea de método científico como proceder estandarizado y universal para la elaboración de un conocimiento válido pierde sentido¹⁶, y deja de ser una categoría pertinente para el análisis de la producción científica.

Desde la concepción relativista del conocimiento se empieza a gestar la formación de historiadores de la ciencia que le dan importancia a incluir nuevos aspectos como son los factores sociales y culturales del entorno a los que la comunidad científica

¹³ Es decir al dejar de entenderse la ciencia como un conjunto de enunciados y procedimientos debidamente validados.

¹⁴ Aproximación del pensamiento inaugurado por Kuhn al ver la ciencia como la actividad de la comunidad científica y por ende caracterizada por sus procedimientos, sus creencias, sus criterios de validez, etc.

¹⁵ Al respecto de los centros de análisis (Echeverría, 1998) plantea la inclusión de nuevos aspectos sobre las dinámicas sociales y culturales que se gestan en las comunidades científicas, a partir de ello se crean diferentes centros de análisis donde se incluyen filósofos, sociólogos, psicólogos entre otros.

¹⁶ Es relevante anotar que a la vez que se daba la emergencia y fortalecimiento de la corriente constructivista y relativista del conocimiento, en el ámbito escolar, la idea de método científico ha sido utilizada con gran énfasis desde la década de los 60 del siglo pasado en la organización curricular del conocimiento escolar en ciencias.

desarrolla su actividad, así como aquellos que caracterizan su quehacer en casos particulares. Este nuevo grupo son los que conciben la ciencia teniendo en cuenta el contexto de producción en el cual se elabora, es decir que ya no sólo es importante las ideas y los enunciados científicos sino que se hace necesario identificar y caracterizar los procesos sociales e ideológicos que posibilitaron dicho conocimiento. Al respecto (García E. , Historia y enseñanza de las ciencias; perspectivas socioculturales, 2009) citando a Fleck plantea:

...solo teniendo en cuenta las condiciones sociales y culturales del conocer puede hacerse comprensible la aparición de muchas otras ¡realidades! Junto a la realidad establecida por las ciencias naturales, por lo tanto, al igual que cada individuo posee una realidad propia, todo grupo social dispone de una realidad social determinada y específica. Por lo tanto el conocer, en cuanto actividad social, está unido a las condiciones sociales de los individuos que lo llevan a cabo. Cada saber forma consecuentemente su propio estilo de pensamiento con el que comprende los problemas y los orienta, de acuerdo a sus objetivos, pero la elección de problemas determina la forma de ver específica en la observación del objeto. La verdad conocida, es por tanto relativa al objeto prefijado del saber.

Esta nueva forma de hacer HC ha permitido considerar no sólo el producto del conocimiento sino los procesos inherentes que llevan a su elaboración, permite igualmente visibilizar las formas utilizadas para la validación y consolidación de un punto de vista.¹⁷ Esta manera de asumir la ciencia pone de relieve considerarla como una actividad que se establece dentro de unas dinámicas que no se mantienen estáticas sino cambiantes, ya que estas están sujetas de la persona que las produce, la cual hace parte a su vez de unas condiciones de producción pertenecientes a contextos sociales e ideológicos.

1.2 Posturas en torno a la relación historia enseñanza de las ciencias.

El auge que ha tenido la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias ha sido fuertemente influenciado por el trabajo de Kuhn en filosofía de la ciencia. Desde la

¹⁷ Véase por ejemplo el uso que le da Pasteur y Pouchet al experimento así como las formas de validación utilizadas en la polémica de la generación espontánea según la reconstrucción histórica que hace de la misma Latour. Generación espontánea: Conferencia dada en las “Veladas científicas de la Soborna, (1864)”

aparición de su texto “La estructura de las revoluciones científicas” (1962), se ha dado una revisión profunda en torno a lo que es y representa el conocimiento científico; por ello, filósofos, científicos e historiadores han participado de una transformación en la manera de pensarlo y caracterizarlo; transformación que incide profundamente en la forma de concebir las ciencias y por supuesto su enseñanza e historia de las ciencias. En el desarrollo del siguiente apartado se pretende: 1) caracterizar la manera en que se asume la historia de las ciencias y mostrar cómo se evidencian unas imágenes de ciencia que influyen notablemente en la manera de concebir la construcción de conocimiento que se da en las aulas, y, 2) las reflexiones que se dan alrededor de la historia de las ciencias como un nuevo modo de pensar la construcción de conocimiento que se da en la escuela en donde se privilegien los intereses particulares de los sujetos.

La manera de hacer uso de la HC en la enseñanza ha estado orientada por el enfoque que manejan los historiadores, que a su vez se forman en corrientes de pensamiento orientadas por formas particulares de concebir la actividad científica y la filosofía de la ciencia. Según (Rodríguez & Romero, 1999) en las formas usuales de concebir la HC es posible distinguir dos posturas principales; la primera considerada como ahistórica, puesto que los hechos científicos se asumen como dados, y al conocimiento como puro e independiente de los sujetos que lo elaboran o lo resignifican, considerándose la ciencia a como un cúmulo de conceptos, leyes, principios y teorías que los enajena y los somete a transmitirla, no a comprenderla ni a construirla, llevando a que únicamente se privilegien los productos finales¹⁸,

¹⁸ Por ejemplo, al hacer una revisión de los planteamientos propuestos por Arquímedes respecto al fenómeno de la flotación de los cuerpos se hace manifiesto la gran distancia que hay entre el principio de Arquímedes planteado en términos, de su idea de equilibrio planteada por él y las fuerzas de empuje conocidas hoy día, siendo estas últimas las privilegiadas en los textos que lo contemplan. Esta manera de asumir la ciencia reconoce y valida solo unos modos de conocer olvidando que como sujetos se tienen intereses y preocupaciones propias que movilizan la búsqueda de respuestas sobre cuestionamientos que se tienen del mundo. Es por esto que no se puede negar trabajos anteriores respecto a un fenómeno determinado, lo que unos lograron ver lo pudieron hacer bajo las bases que ya estaban cimentadas por otros, como lo dijo Newton I., (1675) “si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes”.

La segunda forma como veremos no difiere radicalmente de la primera consiste en asumir la historia unida a la ciencia de manera inmanente, *hecho que imposibilita adelantar interpretaciones y nuevas organizaciones pues éstas desvirtuarían no sólo a los conceptos y teorías mismos sino a sus interrelaciones y dinámicas* . Se exigiría adoptar una postura positivista de la historia, tal como la que queda descrita en la cita de E. Carr expuesta en el numeral 1.1.1 *La ciencia desde una perspectiva positivista*. Ambas posiciones, dicen (Rodríguez & Romero, 1999), *perpetúan una práctica social caracterizada por una relación de subordinación frente al conocimiento*, tanto frente a las narraciones históricas, consideraciones filosóficas que están a su base como a las teorías y conceptos científicos.

Respecto a la posición ahistórica, esta considera la ciencia como cúmulo de conceptos, leyes, principios y teorías donde el conocimiento científico se sitúa independiente de los sujetos, que los enajena y los somete a transmitirlo, no a comprenderlo ni a construirlo, llevando a que únicamente se privilegien los productos finales.

La segunda postura, *la histórica*, considera la ciencia de un carácter evolutivo¹⁹, considerando que lo más reciente es aquello que se debe dar a conocer de manera que la historia es tomada como natural e intrínseca al conocimiento científico mismo, que tiene por objeto encontrar cómo se desarrolla el conocimiento hasta encontrarse en su estado actual, esta manera de asumirla se caracteriza por ser lineal y descriptiva. Un trabajo realizado de esta manera no se diferencia mucho de la ahistórica, ya que ambas dan cuenta de cómo un acontecimiento cronológicamente posterior es lógicamente superior a sus antecesores, por lo que quienes asumen esta perspectiva situándose en una posición diferente a la ahistórica resultan bajo la misma postura, pues al considerar los conocimientos en un sitio diferente de quien construye tal dinámica, termina siendo sustentada y preservada. Estas imágenes son difundidas en la actualidad, ante todo la diferencia existente entre los sitios de producción y los de difusión del conocimiento, donde los saberes son producidos por los científicos

¹⁹ Entiéndase evolutivo en la manera común de asumirlo, todo presente es mejor que lo pasado.

(ahistórica) o sustentados por los historiadores (histórica), centrando la atención en la aceptación y transmisión objetiva de los productos científicos.

Estas posturas no son ajenas a la enseñanza de las ciencias, normalmente esta es asumida como la transmisión de aquellos conceptos importantes de la ciencia que deben ser aprendidos de los que saben (maestro) a aquellos que no saben (estudiantes), mostrando la diferencia de pensamientos que los separa. (Chevallard, 1998) coloca tres supuestos sobre los que para él se da la enseñanza de las ciencias; la meta, la continuidad y la recapitulación, siendo esta también reflejada en la HC cuando se incluye en el trabajo de aula. En la meta, el saber transmitido se torna únicamente en las teorías, leyes o postulados de los gestores “exitosos”, mostrando una imagen de ciencia que reduce el conocimiento a algoritmos matemáticos. La continuidad se manifiesta en el mismo sentido de la meta, los acontecimientos científicos (contados por los historiadores) se asumen de forma lineal, es decir, donde no hubo interrupciones y huellas que marcaron a otros para tener los enunciados o postulados científicos con los que se cuenta hoy día. Y finalmente la recapitulación, ya que como lo plantea (Verret, 1975) los momentos álgidos de la investigación serán reservados para “hacer la economía del detalle”.

Esta economía del detalle a la que Verret M. hace referencia es una de las cosas a las que se debe enfrentar el maestro cuando debe reducir todo un aglomerado de principios leyes y teorías de la manera más sencilla y simple para que sea comprensible para el estudiante. Esta forma de trabajo es la que también realizaría un historiador de las ciencias, si éste considera la historia lineal y descriptiva únicamente, ya que debe escoger los temas más importantes que deben conocer los estudiantes o una comunidad. Esta manera de asumir la ciencia e HC aumenta la brecha existente entre el saber escolar y el saber del docente, mostrando de alguna forma el poderío que este tiene frente al conocimiento. Es la "autoridad" de quien "sabe más" y por lo tanto puede aportar más a lo que es enseñado en la escuela.

Desde esta mirada los estudiantes, dentro de esta relación asimétrica, entran en un doble proceso, en el mejor de los casos, de tratar de interpretar el texto y a la vez tratar de interpretar lo que entiende y solicita el maestro, volviéndose un sujeto pasivo que poco aporta en la construcción de conocimiento ya que todo está determinado por la ciencia y por lo que diga el maestro. Aquello que es enseñado se vuelve únicamente en información que debe asimilar el estudiante de la mejor manera para responder a las diferentes formas de evaluación institucional y extraescolar que debe someterse, perdiendo todo sentido y significado por lo que aprende.

Entonces, darle nuevos significados a la enseñanza e HC, alejadas de todo racionalismo extremo²⁰, puede permitir que los estudiantes sean partícipes y sujetos activos en la construcción de conocimiento, desde sus experiencias y sentires, que le permitan entrar en diálogo con la información que circula para tomar postura frente a ella, promoviendo así una imagen de ciencia como una actividad de construcción de significados.

1.2.1 La enseñanza y la historia de las ciencias como una actividad de construcción de significados.

De las dos posturas referentes a la ciencia y la manera de concebir la HC, (Rodríguez & Romero, 1999) citando a Shapin plantean cómo los hechos que llamamos *científicos* son en realidad hechos *sociales*, pues para establecerlos como hechos, obedecen a una maquinaria que él denomina “*toda una tecnología de socialización*”, según la cual se involucran tres tecnologías: la *material*, relacionada con los montajes experimentales, la *literaria* que se refiere a la organización del testimonio que diera confianza de la buena fe del autor y por último la *social* que se relaciona con las estrategias de aceptación de miembros reconocidos con la finalidad de que esos hechos se conviertan en hechos científicos.

²⁰ Se hace referencia a racionalismo extremo a aquello que se aleja de lo propuesto por la ciencia, como son las experiencias, las construcciones, creencias, etc.

Desde la perspectiva de Shapin y la manera de entender la ciencia como una actividad humana en donde no se toma solo los productos en sí, sino a la actividad de su producción, dicha ciencia está relacionada con la organización de la experiencia y la construcción conceptual, desde esta los conceptos son representaciones mentales, y cabe el pasaje entre la representación más elemental (la sensación) y la más abstracta (el concepto), asignándole de esta manera un papel protagónico al sujeto que está envuelto en un entramado de relaciones, sociales, culturales, políticas, económicas, etc. En esta última perspectiva desempeña un papel protagónico la experiencia y el lenguaje en el proceso de construcción de conocimiento científico, ya que la palabra le da título al concepto.

Es por ello por lo que la enseñanza de las ciencias pensada desde una imagen de ciencia más humana, se destaca como una actividad cultural más del hombre donde se disminuye la brecha entre la cultura científica y la cultura común. Desde esta perspectiva entonces, la HC rescata las problemáticas del conocimiento en sus contextos particulares, promoviendo así el carácter social individual del conocimiento, es decir, desde la construcción de sentidos, ya que como sujetos cognoscentes nos movilizan aspectos particulares del mundo sobre los que nos interesa conocer. Entonces desde esta idea, la HC se puede reconocer como aquella manifestación que muestra una cultura en sus peculiaridades y modos de conocer, lo que implica rescatar una imagen de conocimiento donde las interpretaciones que se realicen del mundo están ligadas a las condiciones sociales a las que pertenezcan los individuos.

Es por lo anterior que un aspecto que no se puede pasar por alto al referirse a la historia de las ciencias es la aportación que desde ella se hace a la contextualización de saberes, métodos, influencias sociales e ideológicas de todo tipo (políticas, científicas, religiosas, económicas) donde se hace fundamental la manera como nos relacionamos con el conocimiento, no con los contenidos ni las teorías, sino con la experiencia misma que nos permite comprender los fenómenos físicos y construir explicaciones que sean significativas desde nuestras propias preocupaciones e

intereses, (Ayala M. M., Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades , 2006)

Desde esta perspectiva (Ayala & Guerrero, La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, 2004) proponen dos consideraciones fundamentales en torno al reconocimiento de la historia en la enseñanza de las ciencias.

1. Reconocer que la ciencia más que una colección de saberes con carácter de verdad absoluta , es una actividad realizada por un grupo humano que se ha venido diferenciando y conformando históricamente como tal mediante la construcción de formas especiales de ver, de argumentar, de dar validez a las afirmaciones sobre el mundo y con ello, de actuar en él.
2. Entender al estudiante no como un sujeto aislado y sin historia sino como un sujeto inmerso en un contexto socio cultural que lo define; en consecuencia se concibe al estudiante como un individuo que tiene un conocimiento previo (formas de ver, de valorar y de actuar) que le ha permitido, y de hecho le permite, pensar y vivir en el mundo.

Como lo plantea Ayala M. et al. en las anteriores ideas, recurrir a la historia de las ciencias en su enseñanza es una herramienta que puede propiciar interés por la ciencia y así despertar el espíritu crítico ante los hechos en los que esta está involucrada, y además, manifestar que es una representación más de la cultura. Vale decir que la historia de las ciencias se utiliza como respuesta a la necesidad de erradicar esta imagen estereotipada de la ciencia y su método de trabajo, para dar paso a otra más contextualizada acerca del quehacer científico con la intención de posibilitar un pensamiento crítico en el estudiante, permitiéndole actuar en sociedad, (Ayala, Malagon, & Sandoval, La historia en la enseñanza de las ciencias: una relación polémica, 2005).

Es por ello por lo que al incluir la HC en su enseñanza ya no resulte relevante la ubicación espacio-temporal del gestor o científico, sino las preocupaciones e intereses que lo llevaron a construir significativamente un fenómeno o concepto. Por esa razón que al hacer la revisión de los originales de Arquímedes, no se hace con el fin de reproducir lo que él hizo en su momento sino entrar en diálogo con el texto, de

manera que se discuta su forma de proceder para brindar elementos que den cuenta de la flotación de los cuerpos para quienes realizan esta actividad, y en esa medida aportar criterios de actuación en el aula.

En este sentido, el uso de la historia de la ciencia hace posible que los estudiantes construyan una amplia red de relaciones entre la producción científica y los diferentes contextos sociales, económicos y políticos. Puede ser también una vía para superar las dificultades que se presentan al tratar de darle un contenido cultural a la enseñanza de las ciencias. Es por esto por lo que el fin de vincular la historia en la enseñanza de las ciencias tiene como propósito que los estudiantes de hoy día no solo conozcan la ciencia, sino que también sepan cómo es creada y validada, como se desenvuelve a través de la historia y cómo se relaciona con el medio social y cultural, (Ayala, Malagon, & Sandoval, El experimento en la enseñanza de las ciencias: El caso del pH y la temperatura en la organización de las cualidades y la construcción de magnitudes, 2007).

Por otro lado, también tiene relevancia en cuanto a que permite la apropiación más racional del conocimiento mismo, ya que como dice Furió “permite establecer las características fundamentales de la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico”, lo que posibilita al maestro tener un acercamiento a la manera como se estructuró un determinado cuerpo de conocimiento.

Uno de los aportes de la historia de las ciencias es considerar el recurso de los textos primarios, ya que permite encontrar nuevos sentidos en torno a las ideas, preocupaciones y problemas que tenían los científicos en sus contextos y épocas, sentidos que tal vez no son considerados por los propios historiadores, pero que se convierten en un aporte en la construcción de fenómeno, puesto que permiten un diálogo intercultural con los autores.

1.3 Posturas en torno al análisis histórico crítico y su relación con la enseñanza de las ciencias

Cuando se desea incluir la HC en la enseñanza normalmente esta es asumida de manera anecdótica y cronológica como se ha planteado antes. Sin embargo desde las preocupaciones y reflexiones de historiadores, filósofos, sociólogos etc. se ha reconocido el significado que tienen los textos primarios en la enseñanza de las ciencias permitiendo así nuevos sentidos en la construcción de conocimiento. Cuando se hace este reconocimiento a los textos se encuentra que el uso que se le da a estos se puede ramificar en dos direcciones.

El primero con un carácter en los límites de lo epistemológico²¹ donde se destacan los análisis conceptuales que dan cuenta de las maneras en las que se ha ido transformando ciertos conceptos; por ejemplo, desde la idea de equilibrio planteada por Arquímedes sobre los cuerpos flotantes hasta las fuerzas de empuje hoy día conocidas en los textos de física. La segunda hace referencia a darle a los textos un carácter crítico, cuyo fin es mostrar que la ciencia es concebida como una actividad de comprensión del mundo de acuerdo a contextos socioculturales específicos que se han desarrollado en una comunidad construida históricamente, no solo desde el carácter racional sino también social. A continuación se muestra de manera breve las miradas de cada una de estas.

Del carácter epistemológico desde mediados del siglo XX se hacen reflexiones respecto a la comprensiones hechas de los textos primarios sobre las dinámicas de la actividad científica en torno al desarrollo del conocimiento disciplinar, cuyo fin es valorar las teorías, buscando el porqué de las fallas que acontecieron en la construcción de ciertos conceptos. Desde la anterior idea se puede decir que se dirige la mirada solo hacia los términos que se consideran fundamentales y principales exponentes de teorías, leyes y enunciados; sin embargo, cuando son tomados en cuenta aquellos considerados como no importantes, se hace para denotar la

²¹ Se hace referencia a los límites de lo epistemológico puesto que se considera únicamente los análisis conceptuales a los que ha sido sometida la ciencia por parte de historiadores y filósofos de la ciencia.

insuficiencia de estos en una época específica y como estos sirvieron para buscar nuevas definiciones que sean posteriormente aceptadas por la comunidad científica; donde se considera el significado de los términos y su definición para así proponer criterios sobre las bases que los sustentan.

Respecto a los términos sobre los cuales se realizan los análisis conceptuales (Orozco, 2005) afirma, citando a Cohen R., que se puede hacer las siguientes distinciones:

1. El término en cuestión puede ser definido arbitrariamente como denotando un fenómeno del mundo o la experiencia del observador; por ejemplo “azul” o “caliente”, como denotando experiencias sensoriales.
2. El término puede ser definido como un símbolo arbitrario para un fenómeno que ha sido observado o percibido por medio de aparatos o de interpretación teórica, y así presume el equipamiento cognitivo de la técnica interpretativa y experimental; por ejemplo los “satélites de Júpiter” denotan los objetos estelares observados por Galileo con el telescopio.
3. Vía definición nominal, el término puede ser definido por su función en un cálculo teórico, ganando claridad de significado en virtud de las relaciones lógicas, pero perdiendo referencia empírica excepto, quizás, cuando se deriva de las partes remotas de la teoría.

Desde las anteriores ideas planteadas por Cohen respecto a los análisis conceptuales que se retoman de la historia de la ciencia, se reconocen ciertas dificultades que se pueden presentar al realizar estudios histórico desde esta mirada, ya que al considerar cierto concepto, término o situación más relevantes que otras, estas también dependen de apreciaciones subjetivas, siendo así la objetividad relegada a un segundo plano; esta posición no es alejada a lo que ocurre en la enseñanza de las ciencias ya que muchas veces los maestros únicamente toman en cuenta aquellas ideas de los estudiantes que están más cercanas a lo propuesto por la ciencia, mientras que aquellas que son consideradas como ilógicas son usadas para mostrar a los demás lo que es equívoco y sobre lo que no se puede volver a pensar.

Desde la anterior idea, el clasificar los conceptos en fundamentales y no, deja en entredicho aquello de pensar la ciencia como una construcción que evoca el interés de diferentes personajes que se cuestionan y brindan posibles explicaciones a un

mismo fenómeno, dando a entender que la ciencia es construida por algunos sujetos y no por un grupo colectivo.²² Por otro lado, asumir los estudios históricos de esta manera también enfatiza esa imagen de ciencia donde todo funciona sin interrupción alguna, donde no hay polémicas ni mucho menos problemas a los que deben enfrentarse los gestores de la ciencia, dando así un carácter lineal en el que no hubo rupturas porque solo unos pensaron y encontraron una explicación válida a determinado fenómeno.

Al respecto de los análisis históricos que se realizan a los trabajos de los gestores de la ciencia se puede encontrar una segunda postura a la manera de abordarlos, y es darle a la ciencia un carácter crítico en toda su dimensión humana, incluyendo los contextos de producción en la cual se desarrolla.

Es claro que dimensionar la ciencia como una manifestación más humana, debe incidir también en la manera que se hacen los análisis a los trabajos científicos de los gestores, como lo plantea J.C. Orozco "...la consideración crítica de la teorías construidas por sus antecesores se muestra como algo más que un ejercicio marginal..." (Orozco, 2005). Es un ejercicio que aleja la lente acusadora respecto a modos particulares de pensar un fenómeno para abrirse a un nuevo panorama que rescata no sólo aspectos teóricos sino también todas las dinámicas sociales que hacen posible un cambio en la manera de entender un fenómeno y en los significados conceptuales que se construyen. Es ver la ciencia no como el resultado progresivo²³. Es reflexionar que en esa construcción de conocimiento científico también se presentan rupturas y no solo a las diferencias de significado o a la manera que evolucionan las teorías; sino los cambios de pensamiento, cosmovisiones y técnicas experimentales usadas para dar cuenta de sus hallazgos que dan una mejor comprensión de las dinámicas propias de la ciencia como a la contribución y consolidación de grupos científicos enmarcados en un contexto particular cuyos análisis pueden ser usados con fines pedagógicos.

²² En este colectivo no solo se incluyen los sujetos que trabajan en el presente en un mismo fenómeno sino también los aportes hechos por todos sus antecesores.

²³ Siendo este entendido como que lo más reciente es a lo que mayor valor se da.

De la segunda perspectiva como lo plantea (Orozco, 2005), se espera que los análisis histórico críticos "...contribuyan a la formación de una imagen crítica de la ciencia. Imagen concordante con las necesidades de una enseñanza que responda a la consolidación de una cultura científica de base en nuestro medio y a la valoración de la actividad científica en contextos particulares". Más que ser parte de una moda, con ello se reflexiona entonces sobre los análisis y comprensiones de los procesos ligados a la actividad científica junto a sus propósitos y fundamentos, contribuyendo así a una mejor comprensión que permite darle sentido a las estructuras conceptuales, experimentos, polémicas, etc. de diferentes gestores de la ciencia, de manera que permite tener elementos que lleven a una socialización de saberes, donde se reconoce como sujeto cognoscente que puede aportar a la construcción de conocimiento científico.

Entonces, los análisis histórico críticos tienen una notable intencionalidad, cuyos dos propósitos planteados por (Orozco, 2005) tienen como fin respecto a la ciencia:

- La comprensión de esta actividad cultural y de sus productos en tanto manifestaciones de la racionalidad humana y de los procesos sociales de construcción de realidades.
- La socialización de dicha actividad en términos de la legitimación, divulgación y reproducción de prácticas, valores, objetos y productos.

Desde los anteriores planteamientos se puede decir que los análisis histórico críticos no solo aportan en la construcción racional de un concepto sino que ayudan también a entender las dinámicas de la ciencia en que se han formado y forjado diferentes pensamientos desde sus contextos particulares de desarrollo, abriendo un mundo de posibilidades respecto a la manera de pensar y actuar en una situación determinada de estudio. Conocer las diferentes maneras de abordar los fenómenos permite enriquecer los conceptos, flexibilizados de modo que se presupuestan nuevos significados y relaciones, permitiendo reconocer que la ciencia no es absoluta sino que es provisional y que depende de los contextos de producción en los cuales se construya.

Es por ello que el aporte de los textos primarios tiene como fin mostrar que la ciencia es concebida como una actividad de comprensión del mundo, por lo tanto la exigencia como maestros se presenta en repensar lo que se enseña, pues la historia de las ciencias implica reconstruir el pasado desde el presente y viceversa, no con el fin de reproducir en el aula los mismos problemas que enfrentaron. Las propuestas de enseñanza de las ciencias desde esta perspectiva son destacadas como una actividad más cultural del hombre y acercan la brecha entre la cultura científica y la cultura común. Rescatan las problemáticas del conocimiento en sus contextos y promueven el carácter social y constructivista del conocimiento individual.

1.3.1 El recurso de los textos primarios en la construcción de un fenómeno

“Los textos originales, considerados dentro del contexto cultural y científico en el que fueron producidos, permiten entender los problemas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular. Pueden permitir, además, un acercamiento al proceso que hizo surgir lo nuevo a partir de la situación problemática y, en ocasiones, de las contradicciones y del debate agudo entre posiciones contrapuestas...” Thomas Kuhn (1962)

Los aportes de filosofía de la ciencia, permiten ver de manera distinta el uso de la historia en la enseñanza de las ciencias. Desde la perspectiva de Kuhn planteada en el epígrafe es posible entonces revisar los textos y documentos originales de los gestores que han aportado en la construcción de fenómenos desde el establecimiento de un diálogo en el que se reconoce la manera particular de proceder por el gestor hasta los puntos de divergencia y convergencia en la manera de entender un fenómeno. En el caso del trabajo investigativo objeto del presente escrito, se establece un diálogo con el texto de Arquímedes, cuyo fin es reconocer su manera de proceder frente a la flotación de los cuerpos, de manera que permita reflexionar sobre los cambios en la significación de los conceptos, la formulación de sus problemas, las formas de argumentación, y, sobre todo reconocer que la ciencia es una actividad en la que todos podemos ser partícipes, no es ajena a unos pocos (gestores de la ciencia), sino que desde contextos particulares se pueden hacer aportes en la construcción de conocimiento iguales o disímiles a los ya establecidos por la ciencia.

La lectura y análisis de los textos primarios tiene para la enseñanza de las ciencias una connotación importante; si bien no se pretende hacer historia de las ciencias, ni tampoco replicar los trabajos de los gestores de la ciencia, si se pretende identificar en estos textos elementos que aporten en la construcción de significados en torno al fenómeno estudiado e identificar las problemáticas e intereses de los científicos al realizar sus hallazgos de manera que permita confrontar las ideas propias, permitiendo así reconocerse como sujeto cognoscente en la construcción de conocimiento científico. Respecto a la incidencia de los textos primarios en la historia de las ciencias (Kuhn, Introducción: Un papel para la historia, 1962) reconoce como estos aportan no sólo al entendimiento de la construcción racional de un concepto, sino en el conocimiento de una cultura en un periodo particular que se ha encontrado en constante cambio, de manera que se pierde la relación de exterioridad entrando en un plano en el que las acciones de los maestro y estudiantes son determinadas por sí mismos, llevándolos a reconocerse como sujetos cognoscentes, capaces de intervenir en el desarrollo del conocimiento, transformarlo y enriquecerlo de acuerdo a sus necesidades particulares.

El retorno a las fuentes puede ayudar a entender varias cosas como lo plantea (García E. , Historia y enseñanza de las ciencias; perspectivas socioculturales, 2009); primero que los fenómenos que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto tuvieron una génesis y un proceso en el desarrollo de la construcción, el cual no fue dado al azar sino que da cuenta de organizaciones lógicas de los problemas a los cuales debían afrontarse. Conocer este proceso permite enriquecer el fenómeno, ya que lo flexibiliza, sugiriendo nuevos significados y relaciones desde el diálogo que se establece con el texto. Ese diálogo permite reconocerse como sujeto cognoscente en la medida que confronta las ideas propias con las del gestor, ubicando los puntos convergentes y divergentes frente a una misma situación en cuestión. Desde esta perspectiva las ideas que se tienen en relación a un fenómeno nunca se agotan, y por esto se vuelven provisionales.

En segundo lugar, los textos primarios, considerados dentro del contexto cultural y científico en el que fueron producidos, permiten entender los problemas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular. Además

pueden permitir, un acercamiento al proceso que hizo surgir lo nuevo en cada uno de los planteamientos realizados desde la situación problemática inicial.

En tercer lugar, el recurso a la historia de las ciencias y a los textos originales es, con frecuencia, la única manera de responder adecuadamente a preguntas que se suelen hacer los estudiantes sobre el origen y la fundamentación de principios básicos de algún fenómeno.

Finalmente, el recurso a los textos originales permite entender, por comparación, los procesos de recontextualización que se operan en los libros de texto. Es decir, resulta posible tomar conciencia de los cambios en el significado de los conceptos y en su articulación respectiva, de las transformaciones en la formulación de los problemas, en el lenguaje, en las formas de argumentación y en los criterios de coherencia y de rigor.

En el presente trabajo se hace un análisis histórico crítico de los escritos primarios de Arquímedes como mayor exponente de los aportes realizados al problema de la flotación de los cuerpos, cuyas problemáticas resultan significativas para dar cuenta de la construcción y organización del fenómeno. Se destaca de ellos las experiencias, problemáticas e intereses que fundamentan su propuesta y se determinan elementos claves en la construcción del fenómeno en el aula.

II. LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Desde que se configuró con Galileo la actividad experimental en la física y con el auge e impacto que esta actividad tuvo en el desarrollo científico en los siglos XVIII, XIX y comienzos del XX, son múltiples las reflexiones por parte de la filosofía, historia y sociología de las ciencias sobre el papel del experimento en la actividad científica; interés que se ha desplazado por supuesto a la enseñanza de las ciencias. Lo cierto es que en las décadas 60 y 70 del siglo pasado en nuestro país, se empieza a incluir el trabajo experimental con especial énfasis en los planes de estudio de ciencias naturales, ello con el fin de familiarizar a los estudiantes en los procesos de la actividad científica para mejorar así su comprensión. Ha sido tal el interés sobre este aspecto en los últimos años que múltiples investigaciones en enseñanza de las ciencias se han centrado en el papel que juega y puede jugar el trabajo experimental en el aula.

De acuerdo con algunas propuestas investigativas se puede distinguir diversas maneras de asumir el trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias, (experiencias, experimentos ilustrativos, experimentos cualitativos, experimentos para contrastar hipótesis, ejercicios prácticos e investigaciones) que pretenden en general objetivos diferentes a la pura formación conceptual y teórica en ciencias, buscando el desarrollo de capacidades de diferente complejidad en los estudiantes y en particular hacer posible en la escuela vivenciar la relación teoría-práctica.

Si bien para algunos investigadores el interés por incluir en las clases de ciencias el trabajo experimental se centra en fomentar habilidades de indagación en los estudiantes, (Hodson, 1994) plantea que la mayoría de las actividades experimentales que se realizan en las instituciones educativas requieren un bajo nivel de indagación y fomentan el desarrollo de destrezas manuales más que el desarrollo de habilidades superiores como la formulación de hipótesis o el diseño de investigaciones. Para otros, el problema de los trabajos experimentales radica en la planificación de estos, ya que

se presenta una diferencia abismal entre los objetivos que presentan los maestros y los que perciben los estudiantes. Otros autores, consideran que la falta de eficacia de los trabajos experimentales se debe a que usualmente se retoma el trabajo que hacen los científicos es decir, repetir los mismos problemas y la manera de proceder de los gestores de la ciencia. Por ejemplo (Izquierdo, 1999) considera que los trabajos experimentales deberían ser un guión especialmente diseñado para aprender determinados aspectos de las ciencias con sus propios escenarios, los cuales son muy diferentes al de una investigación científica.

Gran parte de las posturas que se asumen sobre el trabajo experimental en el ámbito escolar responden sin duda a una imagen del experimento y de ciencia en la que se le ve jugando un papel de validador de las teorías y desde la que se concibe que la legitimidad de la ciencia está mediada por el experimento. Se considera así que el experimento en el aula debe estar estructurado para obtener datos que den fiabilidad a la teoría, independientemente de cuál sea el objetivo de corte pedagógico que se pretenda alcanzar.

Esto puede entenderse porque si bien desde la mirada de la filosofía de las ciencias se conocen diferentes reflexiones sobre la manera en que se asume el trabajo experimental por parte de las comunidades científicas, se encuentra una sobre las que mayor se ha hecho eco, el positivismo, la cual ha generado impacto en el desarrollo del conocimiento, incidiendo sobre manera en la formación de los estudiantes en las clases de ciencias.

Para la versión del positivismo que circula en el ámbito escolar lo importante de la ciencia está en que sus enunciados son verdades en cuanto hacen referencia a una realidad en la que se considera que el científico descubre los hechos y los enuncia a través de leyes objetivas y universales. Desde esta mirada el experimento en la actividad científica es demostrativo, permite validar o falsar teorías permitiendo dirimir entre otras teorías enfrentadas que buscan la aceptación de la comunidad científica. Es así como el experimento termina siendo subsidiario de la teoría pues toma un papel secundario, siendo únicamente la acumulación de datos los que dan

cuenta o no de ella. Desde esta mirada se convierte en el juez último que determina la veracidad del conocimiento científico, (Hacking, 1996) citando a Liebig hace manifiesto esta manera de asumir el experimento en el siguiente párrafo:

“...Piensa que son un tipo de mecanismo que una vez puesto en movimiento producirá un resultado propio. Pero en la ciencia toda investigación es deductiva o a priori. El experimento es solo una ayuda al pensamiento, como un cálculo: el pensamiento debe siempre y necesariamente precederlo si va a tener algún significado. Una manera empírica de hacer investigación, en el sentido usual del término, no existe. Un experimento que no es precedido por una teoría, por una idea, mantiene la misma relación con la investigación científica que una sonaja con la música.”

Esta manera de asumir el experimento no es ajena a la enseñanza de las ciencias pues el interés por la formación disciplinar de los estudiantes hace que el papel del experimento sea corroborar o falsar los enunciados teóricos. Normalmente los trabajos experimentales son posteriores a las clases magistrales en las que se ha expuesto algún principio junto a su formulación matemática, es por ello que se pide a los estudiantes seguir un método riguroso que desarrolle destrezas y técnicas de investigación básicas para su futura formación.

Esta manera de asumir el trabajo experimental en las clases pone únicamente su mirada en el montaje, en la manipulación del material empleado más no en habilidades que le ayuden a los estudiantes a encontrar el sentido de para qué lo hacen, por lo tanto no habría gran diferencia entre el componente teórico y el práctico, pues al igual que en el desarrollo de ejercicios algorítmicos hay que poner en práctica la teoría.

Otra forma de asumir el trabajo experimental está dado desde la mirada didáctica, pues se busca contrastar las ideas previas con los comportamientos en la AE, tratando de decir que lo que se piensa de algún fenómeno es acertado o equivoco; en palabras de (Romero, 2011) “sorprender el sentido común” es lo que se busca con las clases experimentales como si la ciencia se tratará de algo mágico.

De estas dos formas de asumir el experimento en las clases de ciencias se pueden identificar varios aspectos. El primero es que ninguna de las dos formas hay una apropiación conceptual, pues se sigue un paso a paso planteado por el docente para llegar a un valor numérico que dé cuenta de la teoría o enunciado. En otras ocasiones, las situaciones ni siquiera están diseñadas por el maestro, sino que son tomadas de los libros de texto o de la internet, dándole el valor al experimento de subsidiario de la teoría, pues lo importante no son los problemas que de él se desliguen sino hacer una conexión arbitraria con la teoría. El segundo aspecto es que el estudiante toma un papel pasivo pues los datos son ajenos a él, ya que lo que se busca es que replique de la mejor manera el trabajo científico. Pese a las últimas investigaciones sobre la importancia de la experimentación en la enseñanza de las ciencias aún no se logra superar las dificultades en los aspectos mencionados.

A pesar de haber un consenso entre los maestros de ciencias sobre el valor que se debe dar a la experimentación en los procesos enseñanza-aprendizaje apenas algunas investigaciones empiezan a hacer voz sobre la significación que este debe tomar en las aulas. Al hacer una revisión frente al trabajo experimental, estas se centran en el desarrollo de técnicas y procedimientos para obtener una mayor veracidad en la obtención de datos y en su interpretación. La actividad experimental en el aula se asume como recurso didáctico subsidiario de la enseñanza que ayuda en la construcción de explicaciones en el sentido estricto²⁴.

Estos estudios, resaltan de la misma manera que los profesores de ciencias asumen que la naturaleza del experimento en el aula es aquella signada por la imagen positivista de la ciencia, donde se distingue la separación entre la parte teórica y la parte experimental, siendo el experimento el único elemento de validación entre teorías, (Koponen, 2006). Además en los currículos de ciencias se asume que el papel del experimento tiene el mismo sentido tanto en las comunidades científicas como en

²⁴ En sentido estricto hace referencia a lo trivial que puede ser la palabra explicación, ya que normalmente se asume como la manera de argumentar frente a una situación, dependiendo de los enunciados teóricos ya establecido.

la enseñanza de las ciencias, cuando es claro que los intereses de cada uno de los actores inmersos son totalmente diferentes.

Estas formas de asumir el trabajo experimental durante décadas, inclusive hasta hoy día, permite que se reflexione en torno a él, llenándolo de significación en el aula. Es por ello que desde las críticas hechas a la objetividad absoluta del positivismo se empieza a cuestionar el concepto de verdad científica, permitiendo así la construcción de nuevos sentidos para el conocimiento, uno de estos aportes viene dado por la corriente del relativismo científico.

Desde este enfoque los fenómenos dejan de ser exteriores a sus leyes objetivas y pasan a ser parte de una relación mutua con el observador, en este sentido los sujetos son los que construyen la realidad y los modelos o elaboraciones responden a los intereses y cuestionamientos que se tienen sobre ellos. La filosofía de las ciencias respondiendo al curso de esta actividad científica llegó a considerar que no existen verdades últimas y que por lo tanto todo pensamiento sobre la naturaleza es relativo y depende de contextos de producción. Con esto no se quiere entrar a discutir sobre el carácter de la validez donde todo lo que se diga o se hace es viable, sino que es mostrar que la ciencia no es ajena a lo que somos como sujetos y a la manera en que nos relacionamos con la naturaleza.

Fundamentados en las investigaciones realizadas y desde el trabajo que se realiza en esta investigación, se puede afirmar que el trabajo experimental debe permitir la exploración intencionada de los sujetos, respondiendo de igual manera a elaboraciones teóricas y/o conceptuales, pero no para contrastarlas sino para enriquecerlas y dimensionarlas desde las experiencias que cada uno de los sujetos ha tenido.

Esta manera de asumir la actividad experimental no solo enriquece la manipulación de material de laboratorio, sino que se dignifican otros. La postura de la AE presentada en este trabajo contempla los siguientes aspectos: I) La experimentación como una actividad, II) la importancia de la experiencia en las actividades experimentales; III) Los aportes de la AE en la construcción de fenómeno y IV) la

manera en la que puede contribuir la AE en la argumentación y explicación por parte de los estudiantes. Las ideas antes mencionadas respecto a la AE serán desarrolladas a lo largo de este apartado con el fin de esclarecer la manera en que esta es abordada en el presente trabajo investigativo.

2.1 La experimentación como una actividad

Habitualmente la manera en que se asume el trabajo experimental en las clases está relacionado con el recetario que debe seguir el estudiante para obtener un valor numérico que dé cuenta de la teoría, siendo el error no muy bien aceptado pues ya están establecidos unos supuestos teóricos para que sea así y no de otra forma. Esta manera de abordarlo, no deja ninguna participación activa por parte del estudiante, pues este solo se limita a seguir instrucciones.

Normalmente el nombre que asumen los trabajos experimentales en el aula es el de práctica de laboratorio, siendo estas dirigidas a retomar experimentalmente las temáticas abordadas que se han visto en clase. El diseño de los trabajos prácticos describe un paso a paso que debe seguir el estudiante para dar certeza a lo que ha expuesto el maestro anteriormente. Cuando el experimento se asume como una *actividad* experimental esta implica que es el mismo sujeto el que le da sentido a lo que hace, pues existen unos supuestos bases que empiezan a dirigir su actividad experimental colocando los ojos sobre ciertos comportamientos que llaman su atención sobre el fenómeno observado. Esta actividad se vuelve propia y no ajena al sujeto, ya que es él mismo quien plantea los problemas que subyacen al quehacer experimental y determina cómo ha de proceder.

Es por ello que la AE no es lo mismo que el experimento, es un concepto que va más allá de una práctica de laboratorio, es una actividad compleja que implica la medición, la manipulación de instrumentos, la creación de fenómenos, su regularización y el enfrentamiento con las ideas propias que como sujetos se construyen desde las

experiencias adquiridas. Experimentar es crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos Hacking (1996). En la práctica experimental se gesta el conocimiento y la posibilidad de transformar el mundo, es lo que Hacking, parafraseando a Bacon, llama torcerle la cola al león. El trabajo experimental no es solamente preparar el experimento, diseñar y construir aparatos; también lo es manipular entidades y crear fenómenos; tiene una dinámica propia y autónoma de la teoría; es decir, que ninguna se vuelve subsidiaria de la otra, sino que por el contrario las dos tienen el mismo valor en la construcción de conocimiento.

Los fenómenos ya no serán ajenos al sujeto sino que serán de las mismas elaboraciones que él hace del mundo. Por ejemplo, la flotación de los cuerpos, los cambios de estado del agua, la dilatación de los metales por efecto del calor, la transformación de las sustancias etc. Comúnmente, la palabra fenómeno es sinónimo de efecto, la cual alude a los sucesos que pueden ser registrados por la observación directa como lo fueron, para una época de la ciencia, las estrellas y las mareas; la palabra efecto, por su parte, alude al trabajo de los grandes experimentadores como Arquímedes quien intervino la naturaleza para crear regularidades y bautizar sus productos experimentales con sus nombres, como lo es el principio de Arquímedes.

Desde esta mirada la AE es propia del sujeto, siendo él el que la dirige desde los intereses propios que le movilizan para dar cuenta de una explicación formal respecto a un fenómeno. Esta manera de proceder en la AE inicialmente termina siendo permeada por las experiencias adquiridas previamente, para posteriormente ir realizando una organización de la misma respecto a los comportamientos encontrados del fenómeno abordado. Cuando se asume el experimento como una actividad esta se vuelve tan intrínseca al sujeto, que se vuelve más sencillo hablar de lo que se conoce ya que se vuelve espontáneo de él y no impuesto por otro sujeto o porque así lo dice una teoría o ley.

2.2 ¿Qué papel juega la experiencia en la actividad experimental?

“Lo que un hombre ve depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo han enseñado a ver” Kuhn (1989)

Cuando se habla sobre la flotación de los cuerpos, no hay duda que la mayoría de las personas han desarrollado ideas acerca de los comportamientos que pueden tener ciertos cuerpos, por ejemplo la madera, en tanto que ellos forman parte de la experiencia cotidiana. En la mayoría de los casos estas ideas coinciden en atribuir cierta característica intrínseca, el peso, como parte de la naturaleza propia de los cuerpos.

Es por ello que cuando se realizan AE, las experiencias previas son las que siempre toman valor respecto a las predicciones que se pueden realizar frente a un fenómeno como la flotación de los cuerpos. Por ejemplo, si se toma un cubo macizo de algún metal y un gancho “clip” sujetador de hojas igualmente metálico y se pregunta a un grupo de estudiantes sobre el comportamiento que tendrían estos dos cuerpos en un líquido como el agua, ellos responden que el cubo se hundirá y el gancho permanecerá flotando. Estas apreciaciones frente al fenómeno están sustentadas desde las experiencias que se tienen, ya que se tiene la idea que los cuerpos más pesados son los que caen más rápido respecto a los más livianos. Cuando posteriormente se realiza la AE para observar el comportamiento de cada uno de los cuerpos, los estudiantes deben enfrentar su experiencia con lo que evidencian, obligándolos a cuestionarse sobre el fenómeno, siendo la AE la puerta hacia las posibles respuestas.

En el punto inicial de algo que causa zozobra, es la experiencia la que toma mayor protagonismo, ya que es ella la que permite relacionar aquello que se desconoce con aquello que causa algún cuestionamiento, siendo tan significativa que permite hablar de ello. Sin embargo, cuando la experiencia no se ajusta a los comportamientos esperados en los fenómenos, nos obliga a hacer nuevos análisis respecto a una situación determinada.

Desde esta idea y de acuerdo con el epígrafe enunciado al principio de este apartado la experiencia es la que determina en principio el camino que se sigue en la actividad experimental, pues es ella la que ha enseñado a ver y sobre la que se cimentan gran parte de las ideas que se tienen respecto al mundo; ya que cuando se debe predecir sobre algún efecto o comportamiento del fenómeno estudiado, son las experiencias las que toman mayor valor para discurrir sobre él. Se puede decir entonces, que las ciencias empíricas no solo tienen que ver con los hechos tal y como quedan registrados por la observación usual, la medida y la interacción experimental, sino que es un conjunto estructurado y más complejo. Esto no quiere decir que se deje de lado el componente teórico de la ciencia y que por ello se acuda a un relativismo absoluto donde todo se vuelve válido. Al contrario son las mismas organizaciones las que empiezan a direccionar toda la actividad.

Podemos decir que la AE depende en gran medida de la manera en que observamos y que va más allá del sistema teórico en que se formulen sus hallazgos e inferencias. Surge entonces la siguiente pregunta ¿hasta qué punto lo que se observa del mundo, permite proporcionar elementos de juicio para hablar de él? Muchos filósofos e investigadores han recalcado que no se debe confiar en las imágenes que son adquiridas por los sentidos, por lo tanto, parecería que no se podrían registrar datos confiables.

(Hacking, 1996) reconoce dos maneras usuales en las que se asume la observación, una la semántica y otra la teórica. La primera hace referencia a las palabras que se usan para hablar de las observaciones y la segunda sobre cómo las observaciones que se hacen del trabajo experimental son usados para contrastarlos con las teorías o sobre los cuales se construyen las teorías, la persona que hace trabajos experimentales únicamente hace observaciones para tomar datos; es decir que su papel se vuelve secundario como si esta fuese un proceso tan simple e inequívoco como parece ser, (Malagon, 2012)

La segunda manera de asumir la observación dentro de los trabajos experimentales es comúnmente asumida en las clases de ciencias, pues el trabajo que realizan los estudiantes es la toma de datos que posteriormente deben usar para colocarlos en representaciones matemáticas que den o no cuenta del modelo teórico abordado. Es por ello que el trabajo experimental pierde todo sentido volviéndose una actividad escolar más con la que se debe cumplir pues al final el maestro será el que determine sobre la certeza de los resultados. (Hodson, 1994) adjudica el fracaso de estas actividades respecto a la poca participación activa y reflexiva que tienen los estudiantes cuando se realizan trabajos experimentales, esto se detalla en el siguiente párrafo:

“El fracaso a la hora de hacer que los estudiantes participen en la reflexión que precede a una investigación experimental convierte gran parte de la práctica de laboratorio siguiente en un trabajo inútil desde el punto de vista pedagógico. Un estudiante que carezca de la comprensión teórica apropiada no sabrá dónde o cómo mirar para efectuar las observaciones adecuadas a la tarea en cuestión, o no sabrá cómo interpretar lo que vea. Por consiguiente, la actividad resultará improductiva, lo cual incitará a los profesores a dar las «respuestas»”

Hacking se aleja de estas miradas planteando que la observación está ligada con la intervención de los artefactos que se usan en el trabajo experimental, siendo considerada como una habilidad que tiene el experimentador de identificar un dato interesante durante la medición de un fenómeno. Como habilidad, la observación se presenta en la articulación entre el sujeto y la práctica experimental, especialmente en la manipulación de los equipos y aparatos, su lectura, su ajuste y funcionamiento, marcando la diferencia en el momento en que los datos indiquen algo interesante, una rareza, un desajuste, una señal de un nuevo fenómeno. En este sentido, la observación es determinante para la identificación de los fenómenos en la práctica experimental. Los fenómenos se detectan en un engranaje entre el conocimiento que el

experimentador tiene de los equipos y aparatos, el diseño del experimento, la relación con la teoría y la habilidad del experimentador como observador.

En este orden de ideas y animados por la intencionalidad pedagógica de promover en el aula la vinculación activa de estudiantes y maestro en la construcción del fenómeno de flotación teniendo como eje la AE, resulta necesario a nuestro parecer hacer una distinción entre la *observación directa*, siendo ésta la manera en que se asume usualmente los trabajos experimentales en el aula, y la *observación intencionada* que se trabaja desde la perspectiva en que asumimos la AE en esta investigación.

De lo planteado por Hacking respecto a la observación, en el presente trabajo se toma postura de esta mirada, donde no es vista desde la creación o manipulación de los artefactos sino desde las observaciones intencionadas que como sujetos se tienen, las cuales intervienen cuando se realiza un trabajo experimental, siendo estas las que nos movilizan a reflexionar sobre qué camino tomar sobre aquello que es interesante, con el fin de sacar a la luz aquello que causa algún cuestionamiento²⁵. Es decir, esta manera de asumir la observación, se vuelve más una actividad mental en la que se es consciente por aquellos problemas que involucra el fenómeno estudiado; es afinar no solo lo que es visible a los ojos sino a aquellos cuestionamientos que permiten hacer organizaciones más detalladas sobre los diferentes comportamientos que ocurren en la AE. Con esto no se quiere decir que solo con la AE los sujetos tengan organizaciones del mundo, sino que gran parte de todo esto habitualmente escapa al análisis cotidiano; la habilidad mental que ya poseemos se hace cargo de la situación, funcionando eficaz y transparentemente hasta que tropecemos con una dificultad llevándonos a nuevas observaciones y preguntas problematizadoras que empiezan a surgir, permiten tener otra mirada del fenómeno que posiblemente no fue contemplada en las primeras observaciones.

²⁵ Esto desde la idea que la AE debe aportar a la construcción de conocimiento y no a la mera acumulación de datos que den cuenta de modelos teóricos o conceptuales.

De acuerdo con la anterior idea y respecto a la estructuración de las teorías, los sujetos que realizan trabajo experimental no lo hacen al azar, sino que la clase de experimentos y observaciones que llevan a cabo se sigue de lo que está tratando de encontrar o mostrar. Así por ejemplo con el fenómeno de la flotación, si se piensa que el peso es un factor determinante, se experimentará para saber si cuerpos del mismo material pero con una diferencia significativa en los pesos tendrá algún efecto en la flotación; al observar lo que sucede esto lleva a que posteriormente se deba pensar en otros factores como el material, la forma, la permeabilidad y así sucesivamente hasta incluir el medio y tomar la relación del cuerpo con el fluido sumergido. Desde esta perspectiva la observación estará dirigida así por estas intenciones y estará delimitada por los esquemas teóricos que hacen posible este tipo de preguntas.

Entonces se puede decir que observar no es pasar la vista por encima sino buscar unos elementos de juicio siguiendo un cierto orden conceptual²⁶, independiente de si se haya tenido o no una experiencia previa con el fenómeno. La recolección de datos a ciegas es probablemente imposible, puesto que incluso a los niveles más elementales de la percepción existe siempre ya funcionando algún marco racional selectivo, haciendo que lo observable siga en su desplazamiento a los intereses y finalidades de la indagación y haga que los resultados que obtengamos procedan de las intenciones que nos guían.

Así entonces, la experiencia en la AE se vuelve importante no solo al inicio para confrontar las ideas, sino que es la ampliación de la misma la que permite construir conocimiento frente a un fenómeno, siendo continua la reflexión sobre el aprendizaje personal que se haya experimentado. La experiencia se vuelve un explícito que permite el desarrollo de organizaciones que dan cuenta de los comportamientos en un fenómeno, antes no habían sido contempladas, ya que al ser la AE un proceso activo, los estudiantes tienen la oportunidad de construir y reconstruir su propio entendimiento a la luz de sus experiencias.

²⁶ Este orden conceptual en los sujetos es mediado por las intenciones y las experiencias previas que se ha tenido con el fenómeno abordado.

2.3 La actividad experimental en la construcción de fenómeno

“Sólo podremos comprender
aquello de lo que somos capaces
de formar parte” Max Neef

En la propuesta que se presenta se pretende generar condiciones que favorezcan una nueva relación frente al conocimiento, no solo por parte de los estudiantes, sino también los maestros, en la que sea posible organizar y ampliar la experiencia y en esa medida establecer un diálogo con la información que circula en nuestro medio. Desde esta perspectiva y como se ha planteado a lo largo de este apartado, el experimento debe generar un impacto vital sobre los individuos de manera que se propicie sentido por la AE, volviéndose esta en el medio de constante reflexión sobre el fenómeno abordado. Esta manera de asumir la AE se enfoca en una mirada fenomenológica, por ello se abordará a groso modo las ideas más representativas de esta corriente estudiadas por (Ayala, Malagon, & Sandoval, La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización, 2013) desde la perspectiva de Hursel, y cómo esta aporta en la construcción de fenómeno.

Desde la perspectiva fenomenológica se puede decir varias cosas. La primera es que los fenómenos no son impuestos, sino que son problemas que nacen desde la iniciativa que como sujetos inmersos dentro de una cultura, familia, etnia, hándicap, tenemos frente a algo que causa algún cuestionamiento. Es decir, cuando se hace conciencia reflexiva sobre algún fenómeno esto hace que se actúe de una manera particular, permitiendo la construcción de un campo fenomenológico.

(Ayala, Malagon, & Sandoval, La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización, 2013) citando a Hursel respecto al enfoque fenomenológico, afirma que la conciencia existe en la medida en que es conciencia de algo, y por lo tanto desde este punto de vista el fenómeno no es en sí mismo, ni tampoco existe la conciencia en sí misma, hay una relación en doble vía. Se

puede decir que para Hurssel pensar y repensar en el fenómeno implica una serie de organizaciones de las experiencias y observaciones intencionadas ampliando así las comprensiones frente al fenómeno abordado.

Al realizar diferentes organizaciones frente a un fenómeno, estas se estructuran desde los comportamientos o efectos que se producen, no hay nada oculto, son las cualidades las que permiten hacer explicaciones sobre lo que ocurre. Desde esta perspectiva los hechos no están dados hay que construirlos y organizarlos, llenando de significado las experiencias sensibles desde las preocupaciones individuales que surgen.

Otro aspecto importante es que el fenómeno no es estático pues al haber unas intenciones por parte de los sujetos estas se empiezan a transformar desde la reflexión; lo que inicialmente se piensa respecto a él empieza a cambiar desde las organizaciones y reorganizaciones que se elaboran. Todo lo que sucede alrededor del fenómeno se encuentra a la luz de aquello que este muestra. Por ejemplo en el fenómeno de la flotación de los cuerpos se puede observar que algunos cuerpos que se pueden hundir en un medio como el agua pueden flotar en otro, para hacer estas organizaciones no se necesita hablar sobre la naturaleza molecular del medio y el cuerpo sino de los efectos o comportamientos que estos producen con sus cualidades particulares.

Esta manera de asumir la construcción de fenómeno sin duda genera gran impacto en la enseñanza de las ciencias, pues ya no se muestra lineal y sin sentido, sino que dinamiza la comprensión de los fenómenos abordados. Desde esta perspectiva y como se ha planteado hasta ahora, la actividad experimental juega un papel importante desde las organizaciones que se realizan pues con ella se amplía la experiencia, la manera de hablar, construir y comprender un fenómeno.

Como se ha discutido antes, se puede afirmar que la AE permite la ampliación de la experiencia cuando se pone en juego alguna de las actividades con las ideas que se

tienen respecto a un fenómeno de manera que se transforma no sólo la experiencia sino los modos de hablar y las explicaciones que surgen. Esas explicaciones, a su vez, permiten generar nuevas experiencias y nuevas comprensiones. En este sentido es importante insistir en que no existen esquemas conceptuales que no estén articulados a alguna experiencia sensorial.

Por ejemplo, en el fenómeno de la flotación de los cuerpos se puede partir de la experiencia sensible que los sujetos han organizado desde su relación con el mundo que los rodea pero en otros casos se debe incluso construir esta experiencia sensible como lo es el caso de los fenómenos eléctricos. Por su lado la flotación de los cuerpos permite ubicar un campo fenomenológico en donde es posible hablar sobre los cuerpos que flotan o no, las relaciones que se establecen y las variables que se consideran desde las organizaciones construidas de los sujetos con su entorno. En este punto la actividad experimental juega un papel importante en la construcción o explicitación de la experiencia sensible que los vincule con la construcción de la fenomenología de estudio.

Otro aspecto importante que ocurre cuando se construye un fenómeno es la transformación que sufre no solo la experiencia, sino también el lenguaje, ya que gracias a él se puede denotar descripciones sobre comportamientos, comparaciones sobre las que se establecen criterios de orden Ayala et al. Estos procesos son tipos de formalización en un sentido amplio que no implica la sola determinación de relaciones algebraicas o expresiones matemáticas, en general. Aquí con formalización se entiende también la construcción de palabras, signos, dibujos, procedimientos, proposiciones, entre otras, que permiten empezar a hablar del fenómeno.

La construcción de fenómeno no solo implica la disposición del ambiente experimental sino que además se participa en la elaboración de instrumentos de medida y la construcción de escalas de medida referente a las magnitudes que se consideran están involucradas en el fenómeno. Al respecto Ayala et al. plantean que estudiar el proceso de construcción y reconstrucción de una magnitud, así como de

sus formas de medida, permite simultáneamente examinar diversas rutas de constitución y ampliación de la base fenomenológica a la cual ésta se articula y elaborar criterios para el planteamiento de los problemas conceptuales y la orientación de los procesos de formalización y de organización de la experiencia que están a su base en la formulación de propuestas para la enseñanza de las ciencias.

Hasta aquí se ha señalado el uso del experimento desde la visión fenomenológica planteada al inicio, buscando propiciar en el aula la construcción de magnitudes y de sus formas de medida y de esta manera favorecer la comprensión y organización de un fenómeno. Cuando se comienza a organizar el fenómeno y se empieza a identificar cualidades que le permiten hablar de ese fenómeno, esas cualidades y su organización o relación llevan a una formalización que incluye entre otras cosas clasificaciones, relaciones de orden, mediciones de diversos tipos y la configuración de la representación del fenómeno analizado a partir de dichas actividades. Planteada así, esta actividad difumina la oposición que se acostumbra resaltar entre lo cualitativo y lo cuantitativo, pues resulta difícil en algún momento decidir en dónde termina lo cualitativo y en dónde empieza lo cuantitativo.

2.4 La actividad experimental en la construcción de explicaciones

En la propuesta que se presenta se pretende generar condiciones que favorezcan en los estudiantes una nueva relación frente al conocimiento, en la que es posible ampliar la experiencia desde las organizaciones hechas frente a un fenómeno, y en esa medida poder establecer un diálogo con la información que circula en nuestro medio. Esta manera de asumir la enseñanza de las ciencias no solo genera reflexiones en torno a ella sino también a la manera de concebir la explicación. Esta se desarrolla en el siguiente capítulo de manera detallada, por ahora se presenta en este apartado grosso modo la manera en que se entiende la explicación cómo esta se puede generar desde las actividades experimentales.

Usualmente se asume la explicación dentro de unos parámetros fijos, los fenómenos ya vienen dados por el modelo explicativo, es decir los enunciados verbales o algorítmicos que normalmente se encuentran en los textos. Esta manera de abordar la explicación no genera inquietudes que sí lo hace la actividad experimental, esta última obliga a enfrentar nuestro conocimiento con las predicciones, comportamientos y organizaciones realizadas desde el experimento. Por ejemplo, al hacer una revisión de los textos de diferentes editoriales²⁷ es habitual encontrar en estos un enunciado que reduce todo el problema de la flotación al siguiente enunciado, “todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje, de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado”. Este enunciado deja poco significado sobre la flotación ya que si poco o nada se entiende sobre él, no va a causar ningún cuestionamiento sobre el fenómeno, dando a entender que ya todo está dicho por lo tanto pensar en ello genera únicamente un desgaste y sin sentido que termina acomodando a los estudiantes a parafrasear para dar cuenta del fenómeno.

Dentro del enfoque del trabajo investigativo se aborda el conocimiento como una construcción de sentidos, significados y de explicaciones, ello implica desde esta perspectiva elaborar formas de organización de acuerdo a las preocupaciones individuales en torno a los fenómenos abordados. Dichas formas de organización son dinámicas ya que constantemente se están transformando en la medida que se amplían las explicaciones desde los cuestionamientos que como sujetos se tienen; los problemas ya no son planteados por el texto o una guía de laboratorio, son propios.

En este enfoque el compromiso no es con la teoría o modelos de explicación establecidos; en este punto se hace posible tomar distancia de los modelos explicativos y reflexionar sobre la experiencia misma. Tener esta distancia frente a las formas explicativas usuales permite establecer que las verdades no son reveladas por la autoridad del modelo, sino que ellas se construyen en la medida que podamos validar nuestras formas de organización y socializarla en el contexto en que nos movemos.

²⁷ Revisión a los textos de la editorial Santillana y Mc. Graw Hill.

Esta actividad permite a la vez a los sujetos construir una imagen del mundo y de sí mismo, le exige su confrontación continua en los diferentes espacios posibles con las organizaciones elaboradas por otros grupos e individuos, buscando estructurar y validar su pensamiento en el contexto cultural donde se desenvuelve.

III. LA EXPLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Desde la antigüedad se dice que el hombre se ha cuestionado por los fenómenos que acontecen a su alrededor de manera que se da sentido a lo observado; siendo la ciencia una forma de explicar lo que existe y que precisamente no es esta la única manera empleada por el ser humano para aclarar la existencia, origen y evolución de las cosas. Existen así, explicaciones mitológicas, religiosas y hasta mágicas para denotar alguna característica sobre algo que es desconocido y causa alguna perturbación en nuestro ser.

Es importante reconocer que coexisten diferentes tipos de explicaciones, desde la idea que para un mismo fenómeno se pueden tener diferentes posturas de acuerdo a los contextos de producción en que se desarrollen. Una gran parte de la comunidad científica y educativa en ciencias acepta la idea del conocimiento concebido no como una aproximación gradual a la verdad sino como acceso al mundo, como medio para otorgarle sentido, explicándolo y considerando que una cosa y la comprensión correcta de ella son muchas veces inseparables.

Muchos de las personas coinciden que la explicación está ligada al acto comunicativo en que algo desconocido se coloca en palabras que el receptor pueda entender. Normalmente en la explicación se acostumbra a usar como sinónimos de estas palabras como causa y porqué, ya que están son la que dan razón a los diferentes acontecimientos que suceden alrededor. Sin embargo en el ámbito de las ciencias se puede encontrar diferentes formas de asumirlo al igual que en la enseñanza de las ciencias.

En esta presentación se aborda el problema de la explicación científica, analizando distintas posiciones epistemológicas con relación al problema de la explicación, al rol de las teorías y de los modelos en la explicación científica, así como de lo que ello implica para la enseñanza de las ciencias.

3.1 Perspectivas sobre la explicación en ciencias

Normalmente se asume que el trabajo de las ciencias es explicar los fenómenos que acontecen desde las causas encontradas y posteriormente representadas por teorías y leyes ya establecidas, sin embargo, no hay un consenso sobre la manera en que esta es asumida por los grupos de científicos. Por ello se revisarán diferentes posiciones epistemológicas, entre ellas de R. García, G. Guerrero, Th. Kuhn, P. Duhem y F. Halbwachs respecto a la manera en que se asume la explicación científica.

Desde la perspectiva de la psicogénesis trabajada por Jean Piaget, (García R. , Introducción: Legalidad y causalidad , 2004) establece que una explicación consiste simplemente en demostrar que un fenómeno dado es una consecuencia de leyes ya aceptadas; esto basado en la idea que la constitución de un hecho no es otra cosa que una ley, la cual existe desde los niveles elementales; por ejemplo, alguien que no ha tenido acercamiento directo a la flotación de los cuerpos puede hacer la siguiente afirmación, “todos los cuerpos de madera flotan”, siendo este el hecho sobre el cual se empieza a tejer un entramado de interpretaciones que empiezan a dar cuenta sobre la generalización del fenómeno de la flotación. Para ello se vale de caracterizar dos tipos de interpretaciones, una ligada a lo cualitativo y la otra a la constitución de los hechos y leyes. En este punto, la interpretación en juego en la construcción de un modelo causal es pues de un nivel jerárquico superior al de la interpretación constitutiva donde el primero únicamente están comprobados pero no explicado. Para que un hecho sea explicado (García R. , Introducción: Legalidad y causalidad , 2004) plantea:

La causalidad comienza cuando las transformaciones descritas sólo como hechos pueden ser coordinadas en estructuras totales cuyas leyes de composición subordinan las imbricaciones a transformaciones operatorias, necesariamente solidarias en tanto sistemas cerrados cada uno de los cuales comporta su propia lógica.

Es decir, que las relaciones y transformaciones de la realidad no son ya simplemente interpretadas por una traducción posible en las formas lógico matemáticas del sujeto, sino que devienen los operadores de la estructura algebraica aceptada por esa

realidad, es un proceso mental. Durante ese proceso para García R. hay un paso de las relaciones inclusivas a relaciones constructivas o, más precisamente de una clasificación a un álgebra; vale decir entonces que son las transformaciones propias de los modelos algebraicos los que se tornan por este mismo hecho explicativas.

La explicación entonces no se torna ajena al sujeto sino que adapta sus estructuras operatorias propias a unas que ya están establecidas de acuerdo a la necesidad que tenga de incluirlas o no, por lo tanto esta se puede considerar de diferentes grados. Al revisar el trabajo de Arquímedes sobre la flotación de los cuerpos se evidencia como de una a otra proposición se hace un desarrollo minucioso sobre las condiciones particulares que deben tener los cuerpos en el fluido probablemente acompañado de cuestionamientos de por qué es así, lo cual llevará a un nuevo progreso, sucediendo así un nuevo por qué.

Compartiendo igualmente algunas ideas piagetianas, Kuhn considera que existe un paralelismo de las ideas de los científicos con las ideas que presentan los niños respecto a una situación determinada. Sin embargo, el por qué, el cual designa la causa, es asumido como aquello a lo que se dedican a responder los hombres de ciencia para explicar los diferentes fenómenos, no obstante, estas palabras no aparecen con regularidad en los textos científicos escritos por los gestores, sino que presentan sus postulados desde el desarrollo de los conceptos.

(Kuhn, 1977) hace manifiesto que la noción de causa es sensible al lenguaje y al contexto en el cual se desarrolla, para ello comparte la idea de Piaget J. de entenderla en dos sentidos; el restringido y el amplio. El primero hace referencia a que toda causa debe tener un efecto subsecuente que la precede, esta idea fue desarrollada por Aristóteles para explicar sus postulados sobre el movimiento de los cuerpos. La segunda, hace referencia a una noción general de la explicación, siendo esta asumida como la descripción de la causa o las causas del porqué de un acontecimiento.

Es claro que esta última posición termina ingresando en el campo de lo subjetivo siendo un problema subyacente el de la validación, cómo se puede considerar que las explicaciones dadas sean o no causales. Al respecto (Kuhn, 1977) no comparte la idea

que deba trazarse una línea para considerar una explicación causal y no causal, o llegar a asignarle como verbal y matemática porque evidentemente aísla y negaría la anterior (verbal) privando a la expresión de toda potencia explicativa y colocando toda la importancia solo sobre el resultado final, (matemática). Desde esta idea entonces, las explicaciones no se presentan azarosas sino que son procesos en los cuales se tienen en cuenta propiedades específicas que se van hilando una con la otra, atravesando todo tipo de transiciones de tipo cualitativo, mecánico y/o matemático.

Para (Rodríguez, 2014) P. Duhem al respecto de la explicación muestra que la tarea del físico no es develar el mecanismo de la naturaleza que tiene existencia independiente de él. En desacuerdo con una mirada mecánica de la ciencia, plantea que pretender dar una explicación al universo desde esta mirada es asumir que el encuentro de los sujetos con diferentes situaciones del mundo son reflejadas en su totalidad con la representación de una magnitud que muestra una realidad objetiva exterior a él, esto no es una realidad sino una utopía. Desde esta mirada se refleja una imagen de ciencia en la que todo funciona de la mejor manera, como si se tratase de la maquinaria de un reloj que no presenta interrupción alguna porque todas sus partes están puestas en el lugar que deben estar, no siendo necesario buscar uno nuevo a menos que este deje de funcionar.

Respecto a las leyes, P. Duhem considera que estas no se explican, es decir, que “*no se debe buscar una verdad bajo las apariencias sensibles*”, haciendo referencia a que estas deben estar subordinadas a la metafísica para que puedan ser explicadas. P. Duhem no comparte la idea mecanicista de buscar realidades, para él la teoría no es una clasificación racional de las leyes físicas, sino que tienen una parte explicativa y otra representativa, lo que se le cuestiona a una teoría está en su parte explicativa y los hechos contradicen la intención de captar realidades.

Normalmente se asume que las representaciones algorítmicas que normalmente se conocen para enunciar parte de una teoría, explican un fenómeno en toda su dimensión, sin embargo, para P. Duhem este tipo de representaciones (algorítmicas) no las explican, una ecuación no tiene solo letras, estas simbolizan magnitudes físicas

que deben medirse experimentalmente o derivarse de otras magnitudes medibles. Así que, si a los gestores de las ciencias solo se les da una ecuación no se les dice nada. A esa ecuación deben de adjuntarle reglas mediante las cuales las letras de la ecuación se hacen corresponder con magnitudes físicas que ellas representan. Lo que permite conocer esas reglas es un conjunto de hipótesis y argumentos que nos llevan a la ecuación en cuestión. El conjunto de reglas es la teoría que resume la ecuación en forma simbólica, en las ciencias una ecuación despegada de la teoría que la sustenta no significa nada, es solo una manera de representarla.

Otro de los autores que ha expuesto diferentes ideas sobre la manera en que se puede entender la explicación en ciencias es el físico (Halbwachs, 1977) quien desde los trabajos hechos en sicología genética se pregunta por el valor de su actividad y por las maneras en que se construyen las teorías y leyes. Al respecto de cómo se lleva a cabo su trabajo, reconoce que consciente o no siempre se adopta un punto de vista causal que permite la comprensión de un determinado fenómeno al cual le atribuye el mismo grado de realidad que a los objetos. Para desarrollar sus ideas sobre las estructuras explicativas que se dan en la ciencia, acude a los trabajos hechos por Piaget J. hechos en sicología genética.

Basado en ideas piagetianas sobre cómo un niño desde la más temprana edad ya realiza relaciones de causalidad bajo sucesiones regulares que se vuelven asimiladas por el niño. Por ejemplo, cuando un niño golpea con un objeto, sabe que se producirá un sonido, al respecto Halbwachs Fr. piensa que esta relación sólo se puede dar con la propia acción del sujeto. Esta última idea, se aleja de la mirada positivista de la ciencia, donde el sujeto es un agente externo a lo que percibe a su alrededor, es una mirada más a una ciencia humana donde el sujeto es quien determina sus acciones de acuerdo a sus necesidades e intereses; (Halbwachs, 1977) plantea que “el punto de partida de la toma de conciencia elemental de la causalidad es la *acción del propio cuerpo* al nivel en que surge dentro del mundo físico como agente físico que produce un resultado físico”.

La acción propia de la que habla (Halbwachs, 1977) hace referencia a la misma realidad que pertenecen los objetos y el sujeto, estos no están separados, por el contrario ambos están en constante vínculo. Desde esta mirada, entonces, se empiezan a reconocer todo tipo de relaciones en donde las acciones de los objetos se transforman igual que las del sujeto en operaciones cada vez más complejas, las cuales se van formalizando y organizando para dar cuenta de las regularidades que se presentan entre los fenómenos.

Al respecto de las relaciones entre fenómenos, él considera que la causalidad se da en diferentes niveles, la cual se puede considerar como un tipo de explicación relativa que se forma desde la reducción de los fenómenos de un nivel a los del nivel subyacente. Esto desde la idea que cada vez que se amplía la experiencia, también aumenta el conocimiento frente a un fenómeno de manera que permite hacer relaciones más minuciosas que a simple vista es difícil considerarlas; por ejemplo, en la flotación de los cuerpos la cantidad de volumen desalojado no se empieza a considerar desde un inicio²⁸, ya que solo es posible tenerla en cuenta cuando el recipiente con el que se esté trabajando debe encontrarse lleno del fluido.

Desde las anteriores ideas y desde cualquier enfoque se hace evidente que para la ciencia, el explicar es central. Hay quienes consideran la explicación como el objetivo específico de aquella, o al menos un proceso indispensable. Todo esto dependiendo del enfoque epistemológico y filosófico en el cual se sitúe, ya que para algunos es importante reconstruir el cómo, es decir, reconocer los procesos que han permitido llegar a la ciencia hasta su estado actual. Otros se preguntan por el por qué, desde las diferentes búsquedas vinculadas al contexto de producción. También se puede ver que la explicación científica se pregunta por el qué, respondiendo así tanto a causas como a consecuencias.

²⁸ Se vuelve un indicador posible de la flotación solo bajo las dos siguientes situaciones: la primera es que el recipiente con el que se trabaja este completamente lleno en el cual posteriormente se coloca un cuerpo de masa considerable para que el fluido se desborde, y segundo, que el volumen de agua este en gran parte lleno y se coloque igualmente un cuerpo de masa considerable para que el fluido asciende de manera notable por el recipiente.

Así, la explicación científica asume la complejidad de las preguntas que nos hacemos para entender el mundo en que vivimos y el mundo que podemos llegar a construir desde su enfoque particular, pues es claro que este se desliga desde una imagen de ciencia, asumiendo un rol diferente para cada uno de ellos, pues son los intereses particulares que nos movilizan a tomar determinado camino.

3.2 La explicación en la enseñanza de las ciencias

Es cierto que el término explicar resulta un poco polisémico a la hora de dar un único significado. Como se mostró en el apartado anterior este depende de posiciones epistemológicas y filosóficas, que son abordadas normalmente por la ciencia, pero que sin embargo permea algo de ellas en la postura que asumen los maestros de ciencias naturales.

Por un lado encontramos una manera de asumirlo, siendo la mayormente conocida y que es normal encontrar su significado en diccionarios como el de la RAE, es aquella en la que se hace alusión a la manera en que se expresa a otros para hacer entendible algo que antes no lo era. Es decir que solo se considera con un carácter explicativo a aquello que es dado de manera narrativa.

Desde otro punto de vista, Mora F., (1965) plantea que “explicamos cuando hacemos ver a otros “todo el cuadro”, cuando desocultamos relaciones o vínculos no obvios, cuando traemos a la superficie sentidos latentes; cuando comparamos lo desconocido con lo familiar”. Se puede decir entonces, que la explicación está relacionada con la experiencia que como sujetos cargamos, es la que se manifiesta cuando algo causa emergencia lo que lleva a buscar relaciones que nos acerquen con lo desconocido. Es esa emergencia lo que lleva a plantear diferentes explicaciones alrededor de lo que acontece, es lo que le da significado a lo que percibimos en el mundo.

Normalmente la explicación en las clases de ciencias es asumida como un desempeño que deben tener los estudiantes para dar cuenta de lo que es enseñado en clase para

ser evaluados. Resulta curioso que de las diferentes maneras de asumir la explicación por parte de las ciencias, la postura más aclamada es aquella que hace preguntas de que buscan supuestamente la causa de las cosas, el famoso por qué. Esto pareciera que el hecho de mencionar estas dos palabras perfectamente conjugadas en clase, el maestro pudiese conocer el carácter explicativo que hay detrás de las respuestas que brindan los estudiantes. Es de reconocer que como maestros de ciencias, si bien se pide al estudiante su opinión respecto a una situación determinada esta simplemente hace parte de una moda, porque realmente las que se consideran como mejores respuestas son aquellas que son cercanas a lo estipulado por la ciencia, porque eso mismo es lo que se enseña.

Al respecto, se ha preguntado a maestros de dos instituciones educativas y de diferentes disciplinas respecto a la manera en que entiende la explicación siendo estas las siguientes afirmaciones:

- Maestro de ciencias naturales: explicar es hacer que una persona comprenda algo.
- Maestra de ciencias sociales: explicar es cuando se dan argumentos suficientes respecto a algo que antes era desconocido.
- Maestro de artes: explicar es cuando se desarrolla o enseña algo.
- Maestro de Filosofía: Hacerle entender a otro lo que ya sabe.

De las respuestas dadas por los maestros se puede suponer que estas se tornan demasiado ambiguas sobre lo que se debe comprender, desarrollar o argumentar en el momento en que se brinda una explicación. Sin embargo esta no ha sido solo del interés de la enseñanza de las ciencias sino que en general es la que se dice le da sentido para saber qué tanto o no ha aprendido un sujeto; es una herramienta que favorece la comprensión.

J. Ogborn y otros (1998) señalan un aspecto interesante respecto al anclaje narrativo que debe hacer el maestro del conocimiento común de los estudiantes al conocimiento científico:

“Es evidente que las explicaciones científicas dependen de la existencia de mundos con protagonistas cuyos comportamientos posibles confeccionan la historia. (...) Tales

explicaciones carecen de significado hasta que no sepamos qué se supone que son capaces de hacer o qué les han hecho a las entidades que implican.”

Este anclaje entre cada uno de los conocimientos se da desde el ejercicio narrativo que hace el maestro para mejorar la comprensión de los estudiantes, muchas veces es difícil reconocer cuál es el sentido de las actividades propuestas y por qué su secuencia. Por ejemplo, para enseñar el fenómeno de la flotación, normalmente se asume que para ser comprendido, antes se debe conocer términos como presión o densidad, dando la idea que lo posterior es lo más complejo de comprender y que si no se hace en este orden, posiblemente el estudiante no entienda lo que es la flotación de los cuerpos.

Eder M. L (2005) citando a Leindhart G. distingue en las prácticas de enseñanza diferentes tipos de explicación; las disciplinarias, las explicaciones para la clase y las autoexplicaciones. La primera cercana a lo que es la explicación científica y la segunda lo que hace diariamente un maestro en el aula de clases, buscar la mejor manera para que los estudiantes comprendan algo y se acerquen a lo estipulado por la ciencia.

Eder M. L., (2005) según Leindhart G. plantea que las explicaciones basadas en los campos disciplinares:

Se plantean alrededor de convenciones propias de las disciplinas: cuáles son las preguntas importantes, qué se acepta por evidencia, cómo debe ser un presupuesto, qué sería reconocido como progreso o como hipótesis en un campo.

Entonces estas serían aquellas explicaciones genuinamente científicas llevadas al aula, su lenguaje hasta la manera en que proceden, responderían a diferentes preguntas y diferirían de sus criterios de validez, desde la imagen de ciencia que se asuma para trabajar en clase.

Desde la mirada pedagógica, según Litwin (1996) las explicaciones en la enseñanza:

Sirven para clarificar conceptos, procedimientos, eventos, ideas, tipos de problemas que favorecen la comprensión. Suelen ser redundantes y reflejan las concepciones pedagógicas y epistemológicas del docente

Entonces, desde lo anterior, planteado desde un enfoque pedagógico la explicación desde se asume como la exposición de un tema o el desarrollo de un concepto. Estas se pueden considerar como las explicaciones que explican la explicación, en el sentido que son como los textos escolares pero orales que acercan a los diferentes sujetos a dar sentido a lo ya establecido por las comunidades científicas. Es decir, es tarea del maestro acercar el conocimiento común de los estudiantes con el conocimiento científico. Ogborn (1998) propone una diferenciación entre lo que sería las explicaciones científicas y las explicaciones cotidianas:

El conocimiento científico no consiste sólo en los conocimientos normales profusamente escritos; con frecuencia son de tipo totalmente distinto. Contempla el mundo de manera diferente, llenándolo de nuevas entidades cuyos significados y naturaleza deben aprenderse. Desde los fotones a la farmacología. Las explicaciones cotidianas se presentan en términos de entidades familiares haciendo cosas conocidas. Las explicaciones científicas se presentan con frecuencia en términos de entidades desconocidas haciendo cosas poco habituales, y el alumno es un extraño en un mundo desconocido. De lo que se deriva que buena parte de las explicaciones en la clase de ciencias no tratan sobre la explicación de los fenómenos, sino de los recursos que necesita el alumno para poder explicarse dichos fenómenos. En lugar de explicar la forma en la que se desplazan los sonidos, el profesor explica cómo reflexionar sobre las ondas.

Entonces todo el ejercicio narrativo que hace el maestro es una explicación para la clase que pretende explicar a los estudiantes la explicación científica escolar (transpuesta esta, a su vez, de la explicación científica erudita). En este sentido, podemos pensar que la explicación en la enseñanza tiene como objeto proveer las herramientas para que los estudiantes puedan construir sus propias explicaciones científicas escolares, siendo el maestro el que ayuda a tejer las relaciones entre las explicaciones parciales construidas, poniéndolas en relación unas con otras, articulando las distintas piezas del rompecabezas que surgen de las distintas actividades realizadas en la clase, las cuales posibilitan más adelante a las explicaciones típicas de la ciencia.

3.2.1 La explicación como forma de reconocimiento de sí mismo ante el conocimiento

Del trabajo de aula que normalmente hacen los maestros siempre se pide a los estudiantes que expliquen los fenómenos o conceptos que se han visto en la clase con el fin de evaluarlos. La manera en que se les evalúa normalmente en las clases de ciencias hace referencia a enunciar de la mejor manera la información científica que circula en los diferentes medios de información, textos, internet, programas de tv, etc. En este sentido, el estudiante no tiene participación alguna al explicar algún fenómeno porque todo el trabajo usualmente lo hace el maestro. El papel del estudiante se vuelve secundario al tratar de replicar lo expuesto por alguna de las fuentes perdiendo todo sentido por lo que aprende.

En el apartado 3 de este capítulo se ha expuesto las diferentes maneras en que se aborda la explicación desde la ciencia y la pedagogía, entonces desde el marco de este trabajo se intenta responder a la siguiente pregunta:

¿Qué es lo que hace que una explicación sea la más adecuada?

En el desarrollo del trabajo se ha resaltado la importancia que tiene la experiencia de los sujetos en la forma que nos relacionamos con lo que percibimos del mundo, siendo esta la que permite hablar sobre aquello que es desconocido. Entonces, desde esta idea se puede decir que las explicaciones no son estáticas sino que se modifican en la medida que se amplía la experiencia, ya que cuando se tiene un modelo respecto a una situación y se encuentra alguna discrepancia o algo que no concuerda y cuya explicación no es inmediata, nos planteamos, por qué sucede así, y tratamos de relacionarlo con otros acontecimientos que puedan estar conectados con otros aspectos que han sido útiles en otras ocasiones.

Entonces, si se permite a los estudiantes brindar explicaciones desde sus intereses particulares, se podrán reconocer como sujetos activos en la construcción de conocimiento donde la explicación no será ajena sino que se dará desde las relaciones que se encuentran en el camino para dar cuenta de la manera en que comprende los

diferentes fenómenos. Estas maneras de relacionarnos con el mundo son tan variadas e imprevisibles que existirán múltiples explicaciones a un único acontecimiento. Entonces el papel que juega el maestro en la construcción de explicaciones que brindan los estudiantes se vuelve muy importante, es él el que deberá direccionar los posibles caminos desde el diálogo y las discusiones que surjan entre pares, porque ambos son portadores de conocimiento y desde esta idea la explicación se vuelve una actividad que debe movilizar la reflexión continua sobre las ideas que tenemos respecto al mundo.

III. METODOLOGÍA

La investigación, que puede considerarse un estudio de caso se desarrolla teniendo en cuenta tres aspectos claves: Uno, análisis del texto primario de Arquímedes, On floating bodies I; dos, diseño y realización de las actividades experimentales en la construcción fenomenológica de la flotación de los cuerpos; y, tercero, identificación y análisis de las construcciones fenomenológicas hechas desde la ruta particular de la actividad experimental AE.

3.1 Contexto de la investigación

Se plantea la metodología estudio de caso. Mediante este método, se podrá obtener una percepción más compleja del objeto de estudio en torno al fenómeno de la flotación, considerándolo como una entidad holística, cuyos atributos se pueden entender en su totalidad solamente en el momento en que se examinen todos los demás (análisis histórico crítico de los textos originales de Arquímedes, la actividad experimental AE y la construcción de fenómeno en torno a la flotación de los cuerpos) de manera simultánea, es decir, estudiar al objeto como un todo en sus múltiples interacciones a través de un dialogo organizado de una situación real.

Un estudio de caso es según la definición de Yin (1994)

“una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. (...) Una investigación de estudio de caso trata exitosamente con una situación técnicamente distintiva en la cual hay muchas más variables de interés que datos observacionales; y, como resultado, se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación; y, también como resultado, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos.”

Desde la idea que hay una sociedad que nos determina y la cual los sujetos también la determinan, se da una relación biunívoca pero no general, pues las problemáticas surgen de las necesidades personales pero en la particularidad del ámbito social que nos implica. El caso de la presente investigación se fundamenta en esta concepción, intentando realizar inferencias cualitativas a partir del estudio detallado de acontecimientos que no se desarrollan en un laboratorio, sino en el contexto de la vida social e institucional como aportes en la construcción de conocimiento.

3.2 Tipo de estudio de caso

El tipo de caso utilizado en la presente investigación será según Stake (1995) un estudio intrínseco de carácter cualitativo en donde se tiene un interés particular por un caso o fenómeno que ya ha sido preseleccionado, el cual tiene como objetivo entenderlo en su totalidad desde la variedad de contextos temporales y espaciales; históricos, políticos, económicos, culturales, sociales y personales.

Desde esta perspectiva se tendrá un caso colectivo para la comprensión del objeto de estudio en torno a la construcción fenomenológica de la flotación de los cuerpos. Primero se pretende profundizar en la comprensión del fenómeno desde la actividad experimental AE y el texto original de Arquímedes, y segundo, el análisis de la ruta en la construcción fenomenológica que siguen los estudiantes desde la AE.

A partir de ello según lo planteado por Stake (1995) se realiza el diseño de una triangulación en donde se tienen en cuenta el comportamiento de los actores en otros espacios por ver si aquello que se observa y de lo que se informa contiene el mismo significado cuando se encuentra en otras circunstancias. Por ejemplo, las diferencias de diálogo que se pueden evidenciar por los estudiantes cuando lo hacen con sus compañeros de clase y cuando lo hacen con el maestro.

3.3 Diseño metodológico

El trabajo de investigación puede asumirse en tres fases cíclicas progresivas: I) realizar un análisis crítico de la información histórica: textos originales de Arquímedes Sobre la Flotación Libro I; II), realizar actividades experimentales AE que permitan seguir la ruta de los participantes en la investigación para posteriormente realizar su respectivo análisis en torno a la construcción fenomenológica de la flotación, e, III) identificar y analizar las posibles construcciones fenomenológicas hechas por los actores inmersos en la investigación

- I. Se realiza una lectura crítica de los textos originales de Arquímedes con el fin de identificar los aportes y problemas que se pueden considerar en la construcción del fenómeno de flotación y que pueden estar presentes en las actividades experimentales. Para ello se hace un ejercicio de recontextualización de manera que permita ubicarlo en un contexto particular, desde el cual se abordara la construcción fenomenológica de la flotación de los cuerpos.

El texto original de Arquímedes hace aportes al conocimiento del fenómeno de flotación de los cuerpos desde un perspectiva de estudios histórico críticos; donde se analiza y reconoce un uso de la historia donde es importante; más que los modelos teóricos explicativos y las narraciones de los hechos que describen descubrimientos y hallazgos importantes, es el énfasis en las problemáticas, preocupaciones, intereses y formas de proceder de los gestores en la búsqueda del conocimiento. De aquí se desprende el interés por la experimentación y la forma como es recogida en la construcción fenomenológica de la flotación de los cuerpos.

- II. Para esta fase se busca seleccionar la actividad experimental desencadenante que lleve a los participantes a construir su propia ruta, esta debe estar enmarcado por una intención muy clara por parte del maestro que de algún modo ha sido asumida en la fase I, esto no quiere decir que no sea necesario estar releendo los textos continuamente, por esto se toma

de manera cíclica. Lo que se pretende con la selección de la AE es construir una manera particular de llegar a la construcción fenomenológica de la flotación de los cuerpos, por ello, una primera intención es buscar problemáticas y episodios experimentales que permitan dirigir una propia ruta experimental desde los cuestionamientos y necesidades propias de los participantes, que van surgiendo a medida que se avanza en la construcción del fenómeno.

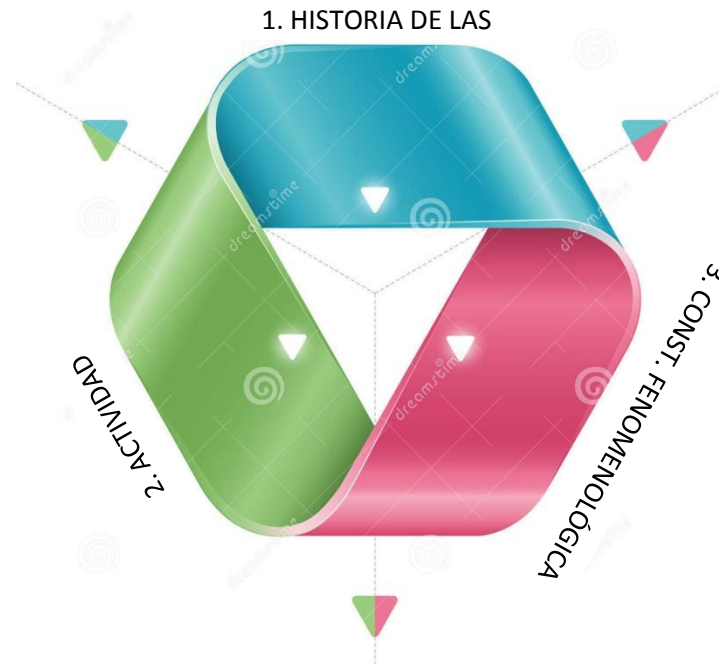
Desde la ruta que se va trazando frente a la actividad experimental se establecerá reconocer aquellos aspectos relevantes que empiezan a conducir la ruta de la AE de los participantes implicados y que se dan de manera simultánea con otros frente a la actividad experimental AE, por ejemplo, las polémicas que se pueden dar en grupo, los cuestionamientos que empiezan a surgir, la manera de proceder (individuales y grupales), las reflexiones que se van dando a lo largo de las AE y el tiempo que cada uno de los grupos emplea en la construcción del fenómeno de la flotación de los cuerpos. Estos sucesos complejos se producen continuamente, por ello se hace necesario que lo percibido quede documentado a manera de relatos o testimonios.

- III. De los estudiantes se recogen las ideas y posibles construcciones del fenómeno de flotación de los cuerpos, particularmente referidas a situaciones experimentales del mismo, haciendo relevante el diálogo que se pueda dar entre pares. Desde este punto se identifica los puntos de convergencia o relación respecto a la historia de las ciencias, la actividad experimental AE y la construcción fenomenológica que se da en torno a la flotación de los cuerpos.

FASE I

Inmersión y sustracción bibliográfica

- * Revisión del texto original de Arquímedes On floating bodies, Book I.
- * Seleccionar algunos aspectos del texto que aportan en la construcción del fenómeno de la flotación de los cuerpos.



FASE II

Recolección de las fuentes de información

- * Ruta y diseño de la actividad experimental como desencadenante en la construcción del fenómeno de la flotación

Instrumentos

Taller: construyendo en fenómeno de flotación.

FASE III

Análisis de las fuentes de información

- * Triangulación de la información, con el fin de buscar aquellos puntos neurálgicos en que convergen 1, 2 y 3.
- * Triangulación de los aspectos que destacan en las construcciones fenomenológicas de la flotación de los cuerpos hechas por los estudiantes.

Figura 1: Fases del contexto de investigación

IV. ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO DEL TEXTO PRIMARIO: ON FLOATING BODIES I, ARCHIMEDES.

A continuación se desarrolla, 1) una contextualización de la vida y trabajos de Arquímedes de manera breve, 2) el análisis histórico crítico de la flotación de los cuerpos, teniendo como referente la construcción de fenómeno.

De la vida de Arquímedes poco se sabe, sin embargo si se encuentra información académica detallada de sus tratados científicos y matemáticos preservados en el palimpsesto. Lo poco que se sabe de Arquímedes lo relata Strathern P. (1998) de manera breve en los siguientes párrafos:

Arquímedes nació en el año 287 a. C. en Siracusa, la más poderosa ciudad-estado griega de Sicilia. Es considerado uno de los tres matemáticos supremos de todos los tiempos, considerado por lo general equiparable a Newton y Gauss. Todos conocemos la historia en la que salta de la bañera gritando «¡Eureka!». Casi igual de célebre es su fanfarronada: «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo». Se refería al fulcro y a sus conocimientos sobre las palancas pero, en cierto modo, también a muchas más cosas. Arquímedes movió el mundo, desde luego. Cambió por completo nuestra visión de él. Los antiguos griegos transformaron la concepción primitiva de la matemática y Arquímedes jugó en ello un papel fundamental, llevándola hasta el umbral del pensamiento matemático moderno, punto en el que a todos los efectos languideció durante casi dos milenios.

El pensamiento científico de Arquímedes era parte integral de su concepción matemática. Revolucionó la mecánica, inventó la hidrostática y fundó el estudio preciso de sólidos más complejos. Las operaciones que esto requería le llevaron a inventar una forma primitiva de cálculo diferencial y a una comprensión avanzada de la numerología. También destacó en la esfera práctica. Entre sus inventos se cuentan poleas y palancas, una bomba de agua y una forma primitiva del láser. Es muy probable que hubiera otros de los que no se molestó en dejar constancia de ellos, o que desaparecieron para siempre con sus obras perdidas. Arquímedes no valoraba sus creaciones prácticas, y pocas veces se molestó en consignarlas. No obstante, los tratados que sí recogen su obra siguen resultando tan asombrosos y lúcidos como el día en que fueron escritos. Afortunadamente, la mayoría son fáciles de comprender, incluso para los profanos. Estas obras ofrecen una perspectiva singular sobre el funcionamiento de una mente sorprendente.²⁹

²⁹ Tomado de Arquímedes y la palanca. Paul Strathern (1998)

Normalmente la manera en que se asume el fenómeno de la flotación de los cuerpos en las clases de ciencias viene presupuestado por la idea que los estudiantes deben conocer de antemano conceptos como la presión en sólidos y la densidad; se parte del supuesto de que estos conceptos son necesarios para que el estudiante comprenda dicho fenómeno. De otra parte se considera que al hablar de flotación de los cuerpos es claro el fenómeno al cual este término hace referencia.

Sin embargo, al realizar una revisión del texto primario, *Sobre la Flotación de los cuerpos* escrito por Arquímedes, estas nociones no se encuentran referenciadas en su trabajo, sino que él acude a la idea de equilibrio para caracterizar los posibles comportamientos que pueden tener los cuerpos en diferentes fluidos.

Es claro que Arquímedes vivió en una época en la que el conocimiento disponible no era tan amplio como lo es hoy día³⁰, sin embargo esto no fue un impedimento para suponer que en dicha época no se reflexionará sobre los diversos fenómenos que acontecían en el entorno, ni mucho menos para preguntarse por los diferentes acontecimientos a su derredor.

En su libro I, *Sobre la flotación de los cuerpos*, se pueden apreciar unas ideas generales de la organización de sus proposiciones frente al fenómeno, por ejemplo; “los sólidos desplazan los líquidos”, “los cuerpos sumergidos en un líquido pesan menos” y “la flotación de los cuerpos depende del líquido”. Estas últimas no tan explícitas en el desarrollo de su trabajo pero que se pueden inferir por la relación constante que hace del cuerpo con el fluido. Sin embargo, es innegable que para llegar a las apreciaciones antes mencionadas Arquímedes tuvo que haber pensado antes en otros indicadores que daban cuenta del fenómeno, ya que las concepciones finales presentadas en su documento no surgen del azar sino de una ruta de pensamiento que dirige la elaboración de su trabajo, mostrando la ciencia como una actividad más humana con todos sus aciertos y desaciertos.

³⁰ Cuando se hace referencia que el conocimiento para la época no era tan amplio, no se trata de ser despectivo, sino por el contrario, defender que el conocimiento ha avanzado hasta nuestros días.

Arquímedes seguramente debió tomar ciertas situaciones de su experiencia común y organizarlas para posteriormente convertirlas en enunciados geométricos que fueron re-estructurados cuantitativamente y además, relacionados recíprocamente entre sí.

En ese trabajo de organización Arquímedes seguramente iba conjeturando las variables necesarias y suficientes para dar cuenta de la flotación de los cuerpos. De esa búsqueda, probablemente tuvo que eliminar algunas variables como la viscosidad, transparencia del líquido, forma o composición del sólido flotante pues al igual que el comportamiento de la plastilina, se podrían descartar ya que este no daría una explicación a la flotación (que el cuerpo esté entre el agua y la intemperie) sino de otro comportamiento que puede tener el cuerpo en cierto fluido, hundirse.

Desde la idea que la ciencia es una actividad humana y que cualquier persona puede tener ideas frente a cualquier fenómeno;³¹ cuando se piensa en el fenómeno de la flotación las primeras ideas que surgen frente a este es que el peso del cuerpo puede ser una consecuencia para que flote o no, pero cuando se empieza a ahondar frente a ello la idea cambia y se empieza a transformar en otro indicador que da cuenta de ello. Por ejemplo,³² al tomar un elemento fácil de manipular como es la plastilina inicialmente se piensa en la masa, pero al ver que esta se hunde se empieza a pensar en otras posibilidades como la forma, la posición para dar cuenta de un efecto contrario, la flotación. Estas situaciones generan pensar en si la plastilina puede flotar, qué hacer para lograrlo, de allí se empieza a realizar una organización más detallada frente al fenómeno para buscar algún patrón que dé cuenta del fenómeno.

Entonces del libro *Sobre la flotación de los cuerpos I*, se puede decir que Arquímedes construye el fenómeno desde el enunciado de un postulado que es desarrollado desde la lógica geométrica a través de nueve proposiciones que muestran la ruta que le permite hacer conjeturas respecto a comportamientos característicos de la interacción de los cuerpos con el fluido. Hoy día el postulado es presentado en los

³¹ Unos con más minucia que otros, pues al final son los hombres de ciencia los que hacen los más grandes aportes frente a un fenómeno, pero esto no quiere decir que las ideas que tenga una persona que no se dedique a ello, sean erróneas o de menor importancia que las que sí.

³² El ejemplo es tomado de los ejercicios hechos en clase con los estudiantes.

textos de Física y algunos de Química como el principio de Arquímedes³³, el cual difiere en gran medida sobre el planteamiento original citado en el texto primario.

El postulado que plantea Arquímedes en el texto fuente es el siguiente:

Suponga que un líquido es de tal carácter que sus partes yacen de manera uniforme y continua, esa parte que es empujada menos es conducida a lo largo por aquella que es (empujada) más; y que cada una de sus partes es empujada por el fluido que está por encima de ella en una dirección perpendicular si el fluido está sumergido en algo y comprimido por cualquier otra cosa.³⁴

Se puede decir que el principal postulado de Arquímedes se centra en mostrar cuál es la naturaleza del fluido para que los cuerpos tengan diferentes comportamientos cuando estos son sumergidos en él. Para ello se vale de darle al fluido la característica de ser continuo, homogéneo e isotrópico, problema que empieza a resolver y concretar con la proposición 1 al darle la característica de una esfera, es decir homologar un fluido a la geometría de esta. La primera proposición de la que parte es la siguiente:

Si una superficie es cortada por un plano siempre pasando a través de de cierto punto, y si la sección es siempre una circunferencia (de una esfera) cuyo centro es el punto antes mencionado, la superficie es la de una esfera.

Esto lo demuestra diciendo que si se tiene una superficie que es cortada por un plano pasando a través de cierto punto O y se colocan dos segmentos iguales $OA=OB$ a revolucionar sobre los planos intersectados, se obtendrá por consiguiente la superficie de una esfera. Figura 2.

Si los segmentos $OA \neq OB$ son diferentes entonces la superficie no puede ser una esfera. El desarrollo de las proposiciones a lo largo del libro se presenta por negación, es decir el enunciado que da cuenta del desarrollo del postulado y lo contrario a él. Al ser

³³ Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual peso del líquido desalojado. Física II Editorial Santillana

³⁴ Texto traducido del inglés, a continuación se muestra el texto original citado en el libro I, On floating bodies, "Let it be supposed that a fluid is of such a character that it's part lying evenly and being continuous, that part which is thrust the less is driven along by that which is thrust the more; and that each of its parts is thrust by the fluid which is above it in a perpendicular direction if the fluid be sunk in anything and compressed by anything else".

la esfera un elemento que presenta una sola superficie no interrumpida al contrario de un cubo por ejemplo, esta le permite a Arquímedes hablar sobre los elementos que considera necesarios para caracterizar al fluido como uniforme y continuo y sobre el cual se basa el desarrollo de sus nueve proposiciones.

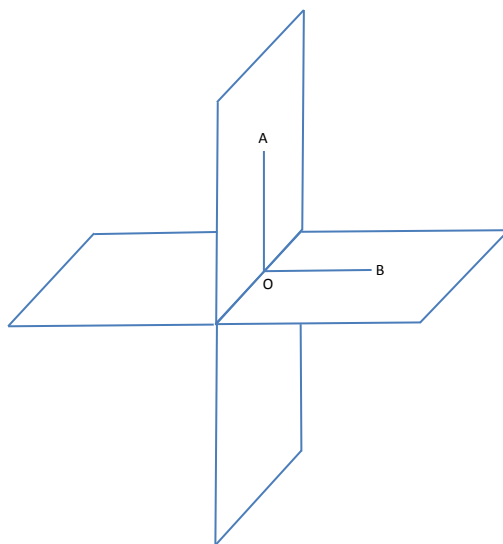


Figura 2. Intersección de planos con segmentos $OA=OB$

Del tratado Sobre los cuerpos flotantes algo interesante es la afirmación que realiza en la proposición 2: “La superficie de cualquier fluido en reposo es la superficie de una esfera cuyo centro es el mismo que el de la Tierra”. En otras palabras, ni la superficie del mar ni la superficie del agua en una bañera son planas. Se curvan, alineándose como un segmento de un círculo en torno al centro de la Tierra. Esta acotación se hace más sencilla de notar cuando únicamente se coloca una pequeña gota de agua sobre una superficie plana evidenciando la curvatura que esta toma. Esto Arquímedes lo respalda con una demostración matemática, añadiendo la condición que el fluido debe estar en reposo. Para ello supuso que la superficie del fluido (esfera) era cortada por un plano que pasa a través de O que es el centro de la Tierra en la curva $ABCD$ con igual radio.

Pero si se traza un segmento OB de radio mayor o menor a la curva $ABCD$ se obtendrá un círculo donde una parte estará dentro (rojo) y la otra por fuera de la superficie del fluido (azul) Figura 3. Si se traza un segmento OGH , es decir hacía la curva de manera que forme un ángulo igual a EOB y posteriormente se dibuja un arco de menor radio

dentro del fluido, este quedará dividido en cuatro secciones, las superiores e inferiores. De manera que las partes que están dispuestas en el arco menor PQ–QR son comprimidas por las que se encuentran encima, es decir AB y BH. Esto genera en el fluido que las partes más comprimidas generen un movimiento sobre las menos comprimidas; por lo tanto el fluido no podrá estar en reposo lo cual es contrario al enunciado de la proposición.

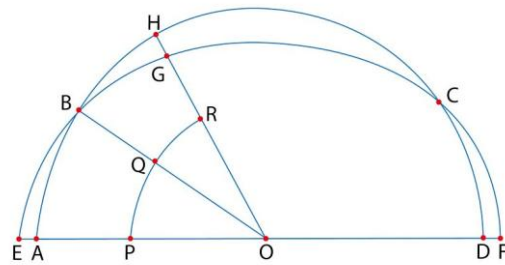


Figura 3. Superficie esférica de un fluido en reposo

Del enunciado de la proposición también se puede destacar lo consciente que era Arquímedes respecto a la forma esférica de la Tierra, esto se hace evidente en la anterior demostración matemática, por lo tanto la idea de navegar hasta los confines del horizonte y caer se consideraba como cuentos de marinos. Después de haber definido al fluido como una superficie esférica, Arquímedes desde la proposición tres empieza a mostrar cual es el comportamiento de los cuerpos con diferentes características cuando se les pone a interactuar con algún fluido. Para ello empieza a suponer características propias de los cuerpos, la primera es qué pasa cuando se tiene un sólido que a igual tamaño son de igual peso con el fluido. Lo que supone Arquímedes es que el cuerpo quedará inmerso en el fluido, es decir no se proyectará sobre la superficie pero tampoco se hundirá, figura 4.

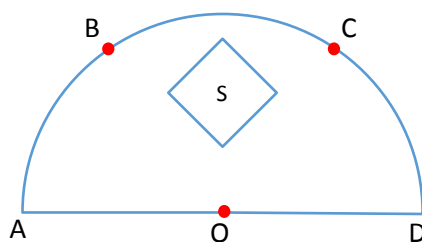


Figura 4. Sólido inmerso con igual peso al fluido

Para contrastar la suposición hecha recurre a plantear la misma situación de la proposición, es decir un sólido EFHG de igual peso y volumen con el fluido, pero con un comportamiento diferente, una parte del cuerpo ECBF quedará proyectada sobre la superficie. Si se dibuja desde el centro O un plano OM que corte a la superficie del fluido en el círculo ABCD y posteriormente la base de un paralelogramo para formar con el segmento OL una pirámide. Además se construirá una esfera dentro del fluido la cual estará debajo de GH con centro en O, también cortada por el plano. Al lado de la primer pirámide se construirá otra igual y similar a esta. Por último se colocará una parte del fluido STUV dentro de la segunda pirámide de características similares al sólido BGHC, donde SV será la superficie del fluido. De esta organización se obtiene que las presiones en PQ y QR son diferentes, siendo en PQ más grande por la porción de sólido existente fuera de la superficie, generando sobre QR un movimiento, por lo tanto el fluido no estará en reposo y por ello no se podrá proyectar a la superficie, ni tampoco se hundirá más porque todas las partes del fluido estarán bajo la misma presión.

De las primeras proposiciones se puede decir que ya se hace manifiesta una organización del fenómeno, ya que empezar a definir el fluido le permite hablar de los comportamientos a resaltar en los cuerpos sólidos. Esta interacción entre el cuerpo y el fluido es la que se empieza a volver objeto de estudio en Arquímedes para dar cuenta de otros aspectos que empieza a encontrar en el camino de la construcción del fenómeno de la flotación.

Arquímedes en el desarrollo de esta proposición acude nuevamente a la importancia que tiene el reposo del fluido para describir los diferentes comportamientos que

puede tener un cuerpo sólido, en este caso estar entre aguas, es decir ni sobre la superficie ni completamente hundido. Además elabora la idea de equilibrio anunciando las presiones o comprensiones a las que se ve sometido el cuerpo por la acción del fluido. Para hablar de las presiones se hace necesario colocar las partes a comparar simétricamente de manera que le permita hablar de las presiones en un solo punto. Por ello se hace nuevamente relevante la idea de recurrir a la esfera, entendiéndose como un espacio isotrópico, es decir donde se obtienen resultados iguales independientemente del lugar escogido.

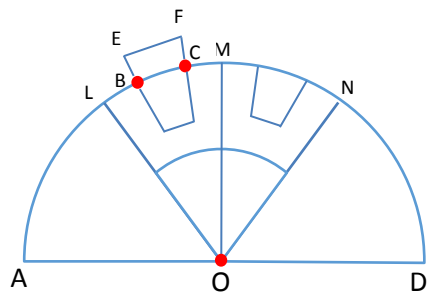


Figura 5. Contrastación Proposición 3

En el desarrollo de la proposición 4 propone un segundo comportamiento que puede tener un cuerpo, este es: “un sólido es más ligero que un fluido, si es inmerso en este, no estará completamente sumergido, pero parte de este estará proyectado encima de la superficie”, es decir que el cuerpo quedará en una posición de equilibrio sobre la superficie del fluido, figura 6.

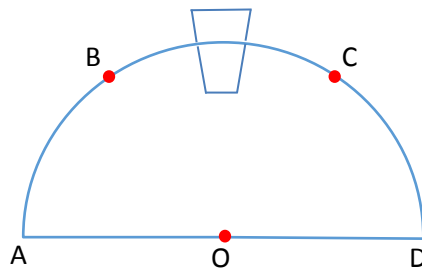


Figura 6. Sólido parte inmersa en el fluido y parte proyectada a la superficie.

Para contrastar la suposición inicial plantea una demostración en las que se mantiene las mismas características del cuerpo pero con un comportamiento diferente. A manera de la proposición anterior hace el mismo desarrollo: 1) la superficie del fluido

con una pirámide con vértice en O y otra contigua a ésta con las mismas características, 2) una porción del fluido entre $OB-OC$ de igual volumen al sólido inmerso en la primera pirámide $OA-OB$, 3) una esfera de menor radio con centro en O . Por lo tanto las presiones en las partes del fluido $PQ-QR$ son diferentes ya que S es más ligero que K , generando una compresión mayor en un lado que en otro lo cual provoca un movimiento de la parte menos comprimida, entonces el fluido no se podrá considerar en reposo lo cual es contrario a la hipótesis, figura 7. Desde el planteamiento de la proposición y en contraste con la demostración el sólido S no puede en una condición de reposo estar completamente sumergido.

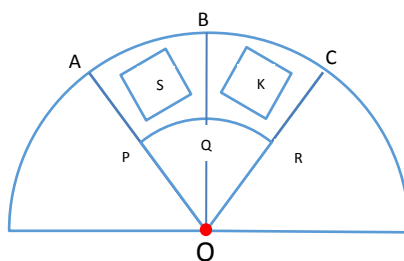


Figura 7. Sólido S y parte de fluido K

A partir de la proposición cinco empieza a incluir otro elemento que da cuenta de la flotación de los cuerpos; este es el volumen desplazado que es generado cuando un cuerpo es sumergido en cualquier fluido para encontrar el punto de equilibrio. La proposición cinco plantea; “algún sólido más ligero que el fluido, si se coloca en el fluido, estará sumergido hasta que el peso del sólido sea igual al peso del fluido desplazado”. Como ya se había planteado en la proposición 3 se establecen las mismas condiciones de la contratación de la hipótesis. Entonces, ya que las presiones del fluido en $PQ - QR$ deben ser iguales, desde la idea que el fluido debe estar en reposo, lo siguiente sería que el peso de la porción $STUV$ del fluido debe ser igual al peso del sólido $EGHF$, por lo tanto el peso del fluido desplazado debe ser igual a la porción inmersa del sólido $BGHC$. Figura 8.

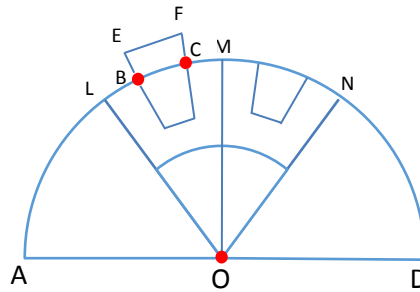


Figura 8. *Peso del sólido BGHC igual al peso del fluido desplazado*

Es importante destacar hasta este punto la minucia con la que Arquímedes explica la flotación de los cuerpos, desde tener que darle características propias del fluido hasta los posibles comportamientos que los cuerpos tienen en él. Normalmente el fenómeno es asumido como si fuese algo tan sencillo e inequívoco de lo que se puede dar cuenta que termina reduciéndose todos los problemas planteados hasta ahora a un sencillo enunciado que da cuenta de todas las organizaciones hechas por Arquímedes, sin embargo al leer el postulado y las proposiciones se visualiza que el problema no solo está en referenciar que existen un empuje del fluido sobre el líquido que causa los diferentes comportamientos en él sino la manera en que empieza a reducir todo el problema de la flotación a enunciados específicos que describen los diferentes comportamientos para posteriormente mostrar una generalización que da cuenta del problema de la flotación. En este punto ya se empiezan a reconocer aspectos diferentes a los contemplados en las cuatro proposiciones iniciales, el desplazamiento del fluido causado por la interacción con un cuerpo sólido, probablemente todas sus proposiciones estuvieran referenciadas en las experiencias empíricas que se pueden tener con el fenómeno, o por lo menos la proposición 6 es un reflejo de ellas, pues quién no ha intentado hundir completamente un objeto que se encuentra flotando en la superficie.

En la proposición 6 plantea lo siguiente; “Si un sólido más ligero que el fluido es forzado a ser sumergido en este, el sólido será conducido arriba por una fuerza igual a la diferencia entre su peso y el peso del fluido desplazado”. Para el desarrollo de la proposición plantea lo siguiente, si se tiene un cuerpo que se encuentra parte sumergida A y parte proyectada D en la superficie del fluido, de manera que G

representa el peso de A y $(G+H)$ el peso de un volumen igual de fluido. La parte D del sólido tendrá un peso H que será adicionado a A. Entonces el peso de $(A+D)$ será más liviano que el de un volumen igual de fluido. Si $(A+D)$ es inmerso este tendrá una parte proyectada hasta que su peso sea igual al peso del fluido desplazado. Figura 9.

Por lo tanto el peso del fluido desplazado es $(G+H)$ y el volumen del fluido desplazado es el volumen del sólido A. En consecuencia A estará inmerso y D estará proyectado sobre la superficie del fluido. Por tanto el peso de D balancea hacia arriba una fuerza ejercida por el fluido sobre A, y por lo tanto esta última fuerza es igual a H, la cual es la diferencia entre el peso de A y el peso del fluido el cual desplaza A.

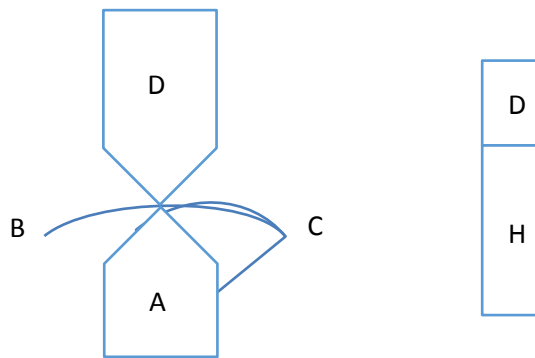


Figura 9. Sólido AD y peso de cada una de las partes del sólido

De la lectura de esta proposición se puede inferir que D representa el empuje que ejerce el fluido sobre el cuerpo para que este se encuentre en un posición de equilibrio con él, por lo tanto no habría ninguna fuerza actuando, lo cual es contrario a lo que se piensa hoy día sobre que estarían actuando varias fuerzas en diferentes sentidos. Sin embargo es de aclarar que para Arquímedes el concepto de fuerza no se sobreentiende a la manera mecánica como es entendido el concepto hoy día, para él hablar de esta implica que haya un desplazamiento del sólido, por ello se ve obligado a sumergir el sólido para hablar de fuerza. En términos de organización del fenómeno se puede decir que los procesos de formalización se hacen más evidentes desde la estructura lógica que sigue.

Para describir un tercer comportamiento del cuerpo en el fluido, Arquímedes debió pensar en qué pasaría si el cuerpo es ahora más pesado que el fluido desplazado. La

proposición siete propuesta por Arquímedes es la siguiente; “Un sólido más pesado que el fluido, si se coloca en este, descenderá hasta el fondo del fluido, y el sólido cuando es pesado en el fluido, será más ligero que su verdadero peso por el peso del fluido desplazado”. Desde el planteamiento de las anteriores proposiciones plantea que cuando un cuerpo interactúa con algún fluido, las partes de este que están por debajo del sólido tendrán mayor presión que las que están alejadas de él por lo tanto las otras partes darán paso hasta que el sólido alcance el fondo.

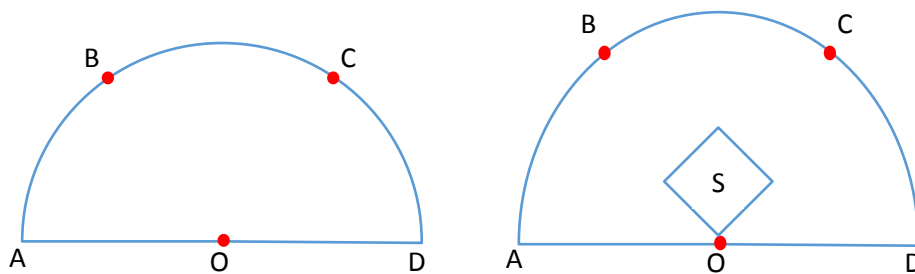


Figura 10. Superficie del fluido y sólido S sumergido.

Posteriormente realiza un segundo planteamiento que da cuenta de la proposición siete. Dejar a A ser un sólido más pesado que el mismo volumen del fluido, y dejar (G+H) representar este peso, mientras que G representa el peso del mismo volumen del fluido.

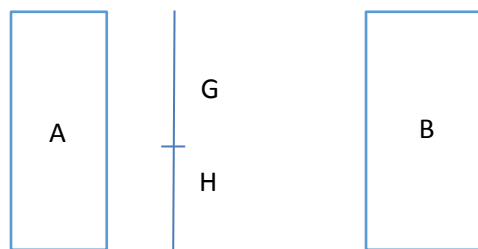


Figura 11. Sólido más ligero que el mismo volumen de fluido

Tome un sólido B más ligero que el mismo volumen del fluido, y tal que el peso de B es G, mientras el peso del mismo volumen del fluido es (G+H).

Dejar A y B estar ahora combinados entre un sólido y sumergido.

Entonces, puesto que (A+B) será del mismo peso que el mismo volumen del fluido, ambos pesos serán igual a (G+H)+G, se deduce que (A+B) permanecerá inmóvil en el fluido. Por lo tanto la fuerza que provoca a A hundirse por sí misma es igual a la fuerza hacia arriba ejercida por el fluido sobre B por sí mismo. Este último es igual a la diferencia entre (G+H) y G. Por lo tanto A es des-presionado por una fuerza igual a H, su peso en el fluido es H, o la diferencia entre (G+H) y G.

Esta proposición puede con seguridad considerarse decisiva de la cuestión de cómo Arquímedes determinó las proporciones de oro y plata contenidos en la famosa corona del rey Hieron. La proposición sugiere el siguiente método.

1) Sea W el peso de la corona, w_1 y w_2 los pesos del oro y la plata en ella respectivamente, así que $W = w_1 + w_2$.

Tome un peso W de puro oro y el peso de este en un fluido. La aparente pérdida de peso es entonces igual al peso del fluido desplazado. Si F_1 denota su peso, F_1 es conocido como el resultado de la operación de pesaje.

Resulta que el peso del fluido desplazado por un peso w_1 de oro es $\frac{w_1}{W} \cdot F_1$.

2) Tome un peso W de pura plata y realice la misma operación. Si F_2 es la pérdida de peso cuando la plata es pesada en el fluido, de la misma manera el peso del fluido desplazado será $\frac{w_2}{W} \cdot F_2$.

3) Por último, pese la misma corona en el fluido y deje a F ser la pérdida de peso. Por lo tanto el peso del fluido desplazado por la corona es F .

Por lo tanto

$$\frac{w_1}{W} \cdot F_1 + \frac{w_2}{W} \cdot F_2 = F$$

O

$$w_1 F_1 + w_2 F_2 = (w_1 + w_2) F$$

De donde

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{F_2 - F}{F - F_1}$$

Hasta aquí Arquímedes presenta el desarrollo de sus proposiciones en torno al postulado planteado inicialmente. De su trabajo sobre los cuerpos flotantes se puede caracterizar un pensamiento definido y esquematizado, en el que presta su atención en una cosa, opera sobre esa cosa, y según las propiedades o los comportamientos encontrados se entrecruzan unos con otros, que posteriormente se organizan y se precisan desde las experiencias y el lenguaje. Este acto intuitivo de rastrear un fenómeno y organizarlo desde las intenciones propias se puede considerar como un modo de formalización, el cual es considerado como un proceso natural del pensamiento o de todo proceso cognitivo, como lo plantea Ayala (2008) el lenguaje común es en sí mismo un proceso de formalización donde cada sujeto construye sus modelos y representaciones de la realidad.

Es por esto que desde el trabajo realizado con los originales no se interpreta la historia de manera lineal, siguiendo una secuencia de datos, o la mera recolección de asuntos biográficos y curiosos, la concepción de historia es más bien de un análisis crítico y reflexivo de acontecimientos que generan cambios, un diálogo sin fin entre el pasado y el presente, (Carr E., 1991).

Dentro de las ideas de corte histórico y epistemológico se puede interpretar las ciencias como una construcción humana, como un sistema cultural que puede ser debatido, corregido, enseñado, confirmado, Elkana Y. (1983) y que el conocimiento científico y los criterios de su validez están condicionados por unos contextos particulares, que es justamente donde surge y se valida el conocimiento, de modo que no tiene sentido hablar de verdad en términos absolutos, y el conocimiento científico no consiste en una apropiación y acumulación de verdades respecto al mundo, sino en la búsqueda de significados de la realidad construida por el hombre, un enfoque histórico, puede permitir ver cómo los diferentes modos de significar las ciencias naturales están ligados a contextos particulares y a problemas propios de ese contexto, lo que posibilita significar las ciencias como disciplinas históricamente constituidas, Aguilar (2006), donde nadie puede acceder al conocimiento real, pues este se metaforiza de modo que es cada sujeto quien construye sus realidades, Ayala M. (2008).

Desde esta perspectiva se puede considerar el enfoque fenomenológico como otra forma de conocer y de relacionarse con el mundo, en donde la realidad es postulada o construida por el sujeto que conoce, de modo que el objeto de las ciencias se centra en la búsqueda de significados, y ante el planteamiento de problemas no se buscan causas sino el establecimiento de relaciones de las experiencias con las organizaciones que se realizan en la construcción de un fenómeno. (Elkana, 1983) al respecto afirma que puede privilegiarse un sistema cultural (como la ciencia, el arte, la política) sobre otro, siempre que no se excluya su relación con los otros sistemas. La cultura no es una suma aritmética de elementos sino un sistema abierto de relaciones en el que se lleva a cabo un proceso constante de construcción y resignificación por parte de los individuos que se encuentran inmersos en él.

Si asumimos la ciencia como una actividad humana históricamente construida desde una cosmovisión fenomenológica donde el sujeto es “creador” de sus realidades, se puede afirmar que nadie es poseedor ni tiene acceso al conocimiento “real”, el conocimiento aquí es metafórico; consecuente con esto (Ayala, 2008) afirma que formalizar es un proceso cognoscitivo a través del cual se da forma a los propios modos internos de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos externos según los cuales el acaecer del mundo puede ser reconocido.

V. SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE AULA

A lo largo del trabajo se ha mencionado la importancia de darle un papel activo a los sujetos, (estudiantes y maestros) inmersos en la construcción de conocimiento, esto desde la idea que siempre hay unas intenciones que le movilizan a pensar o actuar de determinada manera, las cuales aportan en la comprensión de un fenómeno, en este caso el de la flotación de los cuerpos.

Desde esta perspectiva, el trabajo de aula propuesto surge de la necesidad de conocer los aspectos que privilegian los estudiantes desde su experiencia y las actividades experimentales propuestas para referirse al fenómeno de la flotación. En este sentido la actividad de aula no se centra en que el estudiante deba seguir un paso a paso y llegar a una respuesta, sino que desde sus propias organizaciones, necesidades y cuestionamientos realice elaboraciones que le permitan dar cuenta del fenómeno desde las cualidades más relevantes que van apareciendo en su trabajo experimental. Entonces, se busca reconocer las diferentes maneras de enfrentar el fenómeno, desde las explicaciones propias y las hechas de manera colectiva.

La planeación y desarrollo de las actividades que integran el taller sobre la flotación de los cuerpos tuvo algunos cambios de acuerdo a una implementación hecha previamente en un actividad con maestros formados en ciencias naturales, lo cual permite realizar unas consideraciones que aportan en la construcción del fenómeno. La aplicación de la actividad inicia en el mes de septiembre y finaliza en el mes de octubre de 2015, estas fueron realizadas en el colegio I.E.D. Jaime Garzón de la localidad de Kennedy, con 16 estudiantes de grado decimo que pertenecen a la jornada única.

Es de aclarar también que para los análisis se escogieron aquellos escritos, diálogos, dibujos que aportan desde el interés del trabajo encaminado desde la experiencia, la organización del fenómeno y los puntos de convergencia con el análisis histórico del

trabajo de Arquímedes. A continuación se presenta en la tabla 1 de manera breve la organización de las actividades que fueron aplicadas³⁵:

³⁵ Para ver el taller completo ver anexo 1.

LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO DE FLOTACIÓN

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO	ELEMENTOS DE DISCUSIÓN PARA EL MAESTRO
<p>Recogiendo la experiencia</p>	<p>El trabajo estuvo dividido en dos momentos: el primero en un ejercicio individual y el segundo en un ejercicio grupal.</p> <p>En la actividad individual se busca que desde el reconocimiento de experiencias asociadas a la flotación se puedan reconocer los términos que evoca referirse a este desde un lenguaje escrito y gráfico.</p> <p>Para el segundo momento se hace una experiencia mental en la que a los estudiantes se les brinda ciertos elementos que deben organizar de acuerdo a las predicciones de los comportamientos que pueden tener los cuerpos en diferentes fluidos, los cuales ellos también deben escoger.</p>	<p>Con la actividad del primer momento se pretende conocer las experiencias que evocan los estudiantes y que grado de significación le dan a estas para hablar del fenómeno de flotación.</p> <p>Para el segundo momento se pretende conocer los elementos de discusión que ponen en juego los estudiantes cuando deben conocer la posición del otro respecto al comportamiento de un mismo elemento ya que no pueden corroborar la premisa hecha.</p>	<p>¿Qué experiencias tienen sentido para los estudiantes que les permite hablar de algo que solo ha sido cercano en algún momento de su vida?</p>
<p>Observación intencionada, construyendo el fenómeno de flotación</p>	<p>Para esta parte del taller se divide en tres momentos que son trabajados en grupo.</p> <p>Para continuar con la actividad experimental y como primer momento se pide a los estudiantes que en grupos realicen una organización de los elementos trabajados en la primera parte del taller de acuerdo a los criterios que</p>	<p>Para esta etapa se pretende evidenciar las maneras de proceder de los estudiantes para caracterizar el fenómeno de la flotación, desde los cuestionamientos, diálogo y organizaciones que se dan de manera colectiva e individual.</p>	<p>¿Qué experiencias tienen sentido para los estudiantes que les permite hablar de algo que solo ha sido cercano en algún momento de su vida?</p>

	<p>consideran les aporta para dar cuenta del fenómeno de flotación. Para ello trabajarán con tres fluidos; agua, aceite y glicerina.³⁶</p> <p>Posterior a la organización hecha deberán producir tres efectos en alguno de los fluidos, estos son que al hacer una embarcación esta se hunda, flote y quede entre el fluido.</p> <p>Para finalizar se hace un momento de síntesis en donde se reflexiona en torno la actividad experimental.</p>		
<p>Los textos primarios en la construcción de fenómeno.</p>	<p>Posterior a la realización de las actividades experimentales se presenta a los estudiantes tres proposiciones³⁷ planteadas por Arquímedes en las que se describe tres posiciones de equilibrio en las que puede quedar el cuerpo con el fluido. Deben leerlas y contrastarlas con las premisas ya elaboradas, para ello dibujarán la manera de entender cada una de ellas.</p> <p>Además deberán señalar cuál consideran más importante y el sentido que tiene para la comprensión del fenómeno.</p>	<p>Para este momento se pretende que los estudiantes reconozcan otras maneras de pensar de modo que les permita terminar contrastar sus ideas y reconocerse como sujetos activos en la construcción de conocimiento científico que es mediado por la experiencia misma dándole sentido y significado a las preocupaciones e intereses propios.</p>	<p>¿Cuáles son los aportes que los textos primarios hacen para comprender el fenómeno de la flotación y las ideas que presentan los estudiantes frente al mismo?</p>

Tabla 1. Descripción de la propuesta de aula en torno a la flotación.

³⁶ Estos elementos fueron escogidos de los experimentos hechos parte propia siendo estos sobre los cuales los efectos son más perceptibles.

³⁷ Se escogen únicamente tres proposiciones de las nueve planteadas por Arquímedes porque son aquellas que pueden contrastar con lo abordado en las actividades experimentales.

De acuerdo a lo propuesto en la tabla 1, las actividades están planteadas a realizar el análisis desde tres etapas en las que se procurara rastrear de manera cíclica por la manera en que siempre se debe recurrir de una a la otra y desde las cuales es posible comprender las construcciones fenomenológicas hechas por los estudiantes y que se dan en torno a la flotación desde el trabajo experimental. El objeto de establecer dichas etapas en la secuencia planteada busca reconocer los modos característicos de pensar en un fenómeno en todas sus dimensiones, desde la experiencia, la organización, las maneras de proceder y la discusión de las ideas propias con las del otro.

Las etapas propuestas se exponen en los siguientes términos:

La experiencia: Durante este momento se realiza un sondeo sobre aquellas experiencias que los estudiantes consideran significativas y que les permite referirse al fenómeno de flotación.

Construyendo el fenómeno de flotación: En esta etapa se consideran las maneras de caracterizar el fenómeno desde las variables que emergen y su selección, esto se hace en grupos posibilitando analizar la construcción individual y colectiva frente al evento.

Los textos primarios en la construcción de fenómeno: Para esta etapa contrastar las ideas propias con las de otras maneras de pensar ayuda a reconocer las construcciones fenomenológicas que se dan en torno a la flotación de los cuerpos

La actividad experimental



La organización de la actividad

El texto primario de Arquímedes

5.1 Recogiendo la experiencia

De acuerdo a las experiencias que han tenido los estudiantes se pide que evoquen aquellas que les permite dar cuenta de la flotación de los cuerpos y qué les sugiere los posibles comportamientos que pueden tener ciertos elementos al interactuar con ciertos fluidos.

Análisis

Momento 1

En esta primera etapa respecto a las ideas que presentan los estudiantes frente a la idea de flotación, permite establecer diferentes elementos entre los que se cuentan ideas asociadas a su vivir cotidiano y que en algún momento fueron tan significativas que les permite hablar de algo que no es del todo conocido, pero que su experiencia les moviliza a dar razones sobre el comportamientos de aquellos eventos para referirse al fenómeno en cuestión. Por ejemplo, las experiencias más citadas por los estudiantes son aquellas que tienen relación con cuerpos que han sido arrojados a una piscina, están tan llenas de significado que, ¡quién olvida las vacaciones! Mientras que otros lo relacionan con actividades trabajadas en clase de ciencias naturales, específicamente de Química trayendo a relación términos como la densidad, y siendo una de las mayores argumentos del por qué los cuerpos flotan.

En la siguiente tabla se transcriben algunas oraciones que ejemplifican este hecho:

Ideas 1: Experiencias cotidianas	Ideas 2: Experiencias de clase
Cuando yo estoy en una piscina floto, los flotadores flotan por el aire comprimido.	Un cuerpo flota primordialmente si la densidad del cuerpo es menor a la del líquido, el cuerpo debe poseer una estructura atómica cerrada, es decir que su estructura no tenga pequeños espacios abiertos o porosidades.

Al sumergirse en la piscina y ponerse en posición horizontal nuestro cuerpo va a flotar.	Un flotador en una piscina flota por tener una densidad menor que la del agua.
--	--

Tabla 2. Tendencias de los estudiantes con relación a la flotación

Existe la tendencia natural de los estudiantes a dar respuestas inmediatas, como aquellas asociadas a la cotidianidad en las que se asocian términos familiares y que de alguna forma ayudan a dar respuesta sobre eso que es desconocido; es decir, todo aquello que causa zozobra es la experiencia la que toma mayor prevalencia siendo esta la que nos permite acercarnos a los fenómenos y vivenciarlos en su manera simple pero enriquecedora en el intento de darle significado a los eventos que acontecen en el mundo. Por otro lado también se puede decir que cuando los estudiantes se ven sometidos a hablar de su experiencia frente a un fenómeno lo hacen con el mayor grado de libertad, aquí el miedo a equivocarse poco se evidencia; es tan significativa que le permite navegar en sus ideas hasta que haya un cuestionamiento o acción que lo confronte a replantear o defender sus ideas. Estas pueden ser tan inamovibles que el trabajo del maestro debe ser respetuoso al entablar un juicio cuando se presente una diferencia de pensamiento sobre la manera de entender un fenómeno.

Por otro lado, también existe otra serie de elementos que intervienen en las ideas dadas por los estudiantes (ideas 2); se hace uso de términos que recuerdan en los textos o de los que escuchan usar a sus profesores y que conectan con las preguntas y situaciones planteadas. Por ejemplo, los estudiantes que acuden a las experiencias que evocan de la clase de Química para hablar de la flotación, utilizan términos como la densidad para justificar este evento, pero al preguntarles por el sentido o el significado de esta palabra eran incapaces de darlo. Esto no quiere decir que estos estudiantes no hayan tenido otras experiencias sobre las que hablar, sino que probablemente en este punto lo que cobra significado para ellos es lo dicho por el maestro dejando de lado las construcciones propias y elaboradas durante su vida escolar y social dándole un papel protagónico en la cimentación del conocimiento científico.

Momento 2

Para el segundo momento de la primera etapa se dan ciertos elementos que deben predecir, escoger y organizar de acuerdo a los comportamientos que consideran va a tener esos cuerpos en interacción con el fluido. Entre estos elementos se encuentran materiales como el aluminio, palo de balsa, plastilina, icopor, corcho, plástico, bolas de pin pon, tapas de gaseosa entre otros, todos estos con diferentes formas, entre ellas esféricas, cilíndricas, láminas, etc.

Para ello se suministra una tabla que deben llenar de acuerdo a los criterios que establezcan en cada uno de los grupos. Es así que respecto a la idea de qué cuerpos pueden flotar en ciertos fluidos se puede apreciar que pese a que tenían los mismos elementos la organización fue en cada uno de los grupos realizada desde diferentes intereses.

La organización hecha por los estudiantes se dio desde las siguientes categorías:

- I. La flotación con dos comportamientos del cuerpo respecto al fluido
- II. La flotación con tres comportamientos del cuerpo respecto al fluido
- III. La flotación como una dependencia de la posición del cuerpo respecto al fluido

A continuación se muestra la tendencia de respuestas para la categoría I

Fluido a considerar: Agua			
Elemento	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Bola de Icopor 6.	Flota		
Corcho	Flota		
Ping Pong	Flota		
Manguera	No flota		
Cuchilla	Flota		
Plastilina	Depende la forma Flota		
Tubo de cortina	No Flota		
Malla	No Flota		
Plastico	Flota		
Lamina de aluminio	flota		

Fluido a considerar: Aceite			
Elemento	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Bola de Icopor 6.	No Flota		
Corcho	Flota		
Ping Pong	No flota		
Manguera	No flota		
Cuchilla	Flota		
Plastilina	Flota		
Tubo de cortina	Flota		
Malla	Flota		
Plastico	Flota		
Lamina de aluminio lavadora flota	Flota No flota		

Figura 12. Tendencia de los estudiantes al darle dos características al cuerpo

Como se muestra en la figura 9 de acuerdo al ejercicio gramatical se reconocen dos comportamientos que puede adquirir el cuerpo al estar en contacto con los fluidos analizados; flotar o hundirse. De los objetos escogidos, puede decirse que son aquellos que están más ligados a la cotidianidad, entre ellos el palo de balsa, los pin ponés, el corcho e icopor, tal vez su elección se deba por el grado de confianza que da puesto que al tratarse de materiales que son recurrentes encontrar en la cotidianidad da mayor certeza sobre el comportamiento que deben predecir. Entonces, nuevamente la experiencia es un factor importante que brinda elementos para hablar sobre lo que es desconocido pues no es una aceptación pasiva sobre lo que se observa alrededor sino que es una recepción activa sobre lo que conscientemente siempre se están llevando procesos para acoger y decidir sobre el grado de veracidad que estas tienen sobre uno; es toda una síntesis que se hace sobre las maneras particulares de ver el mundo, no son ideas casuales que ocurren porque sí, son las conexiones de unos eventos con otros.

Por otro lado los estudiantes escogen dos líquidos agua – aceite; normalmente estos dos fluidos son siempre trabajados en las clases de ciencias cuando se aborda el tema de densidad, lo cual genera confianza en ellos para predecir cierto comportamiento del cuerpo en el fluido. Al revisar los cuerpos que consideran no flotan en agua, por ejemplo la malla y tubo de cortina pero si lo hacen en el aceite, se les pregunta a ellos sobre esa organización, explicando que es por la densidad del aceite.

Se pregunta nuevamente cuál entonces de los dos fluidos consideran más denso, respondiendo que es el agua. Sin embargo al ver estos dos elementos organizados (malla y tubo de cortina) se puede decir que este no es del todo claro; ya que si se considera el aceite menos denso, el tubo de cortina también debería hundirse. Más allá de discutir la idea de densidad que tienen los estudiantes, se puede ver como los estudiantes deben acudir a aquello que causa emergencia debido a que estos dos elementos presentan perforaciones, buscan su relación con otros elementos. Se puede decir que le asignan al tubo metálico un comportamiento diferente al del agua desde la idea que al tener el aceite una apariencia viscosa los elementos más pesados pueden flotar.

Al revisar la organización del grupo dos se evidencia que caracterizan al cuerpo con tres posibles comportamientos de interacción con en el fluido.

A continuación se muestra la organización hecha por el grupo dos:

Fluido a considerar: Alcohol					Fluido a considerar: Aceite				
	Elemento	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Elemento	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	
objeto de madera débil con forma de	Madera	Flotará	después de unos minutos se hundirá	No flota	//	Flotará siempre			
	Pin pon	Flotará	Flotará hasta la mitad	tal vez se hunda	//	Flotará	se hundirá		
	mayas de plástico	se hundirá hasta el fondo	Flotará por unos segundos	se hundirá lentamente	/	se hundirá lentamente			
lámina de un metal	lámina de un metal	se hunde totalmente	flota horizontalmente	hundirá rápidamente	/	se hundirá rápidamente			
	caño	Flotará	No flota verticalmente	flota horizontalmente	/	Flotará			
cilindro	limadura de hierro	hunde rápidamente	los pedacitos pequeños flotan	los pedacitos grandes se hunden	/	solo algunos flotan	otros se quedan en el medio	la mayoría se hunde	
	plastilina	si es una bola se hunde	si está extendida flota	se hundirá por el peso	/	se hundirá	un trozo extendido flota		
	de metal hueco	se hundirá de todas formas			/	se hundirá de todas formas			
	bola de papel grande	flotará	se mejorará y se hundirá		//	flotará	se hundirá lentamente		
	bola de papel pequeña	Flotará	se hundirá y se hundirá		/	flota	se hunde muy lentamente		

Figura 13. Tendencia de los estudiantes al describir el proceso del cuerpo en el fluido.

Como se muestra en la figura 13 el interés de los estudiantes estuvo ligado a la manera en la que interactúa el cuerpo con el fluido, por ello describen a modo de etapas lo que le pasa a los diferentes elementos por instantes de tiempo. Es así como caracterizan tres comportamientos, flotar, hundirse y quedar en medio para un mismo cuerpo en interacción con el fluido desde el peso y la característica propia del material.

Desde la anterior idea y al igual que el primer grupo escogieron materiales ligados a la cotidianidad, sin embargo le asignaron comportamientos diferentes a cada uno de ellos, por ejemplo el icopor y la madera. Al igual que en los otros grupos coinciden en que para un primer momento estos dos elementos van a flotar, pero al transcurrir el tiempo estos se hundirán en el fluido. Cuando se les pregunta por ello, reponen que estos dos materiales no son del todo “compactos” habiendo pequeños orificios por los

que ingresa el agua lo que haría que estos no estén sobre la superficie sino en medio del fluido o completamente hundidos.

De la anterior idea se puede decir que los estudiantes consideran que el espacio que ocupa la masa de cierto material puede interferir en el comportamiento que tenga este con el fluido. Por otro lado, también se podría decir que cuando el grupo hace referencia a que después de un tiempo los cuerpos alcanzan otra posición respecto al fluido, implícitamente hay una idea de equilibrio. Esto porque cuando se les pregunta a los estudiantes por qué le asignan a un solo cuerpo dos comportamientos diferentes, uno de ellos hace referencia que “a medida que entra el agua por los huequitos, esa agua va ocupando ese espacio, (se va hundiendo)³⁸ lo que hace que hasta que este completamente lleno el objeto alcanza una posición en el agua”. Esta idea de equilibrio también fue desarrollada por Arquímedes para describir los diferentes comportamientos de los cuerpos con el fluido, pero él lo hace desde la relación de estos con el volumen desalojado.

Por otro lado al observar el comportamiento que le asignan a la limadura de hierro se puede decir que el peso es una posible causa para que los cuerpos puedan flotar o no, porque pese a que se trata del mismo material dicen que aquellos más pequeños quedarán suspendidos en la superficie y los más grandes irán al fondo del recipiente.

De este grupo se puede ver como las formas de relacionarse con un fenómeno divergen de uno a otro; mientras que en el grupo uno solo describen dos comportamientos en el grupo dos los intereses divergen en otra dirección y es describir en un solo cuerpo los diferentes causas que estos pueden tener al interactuar con cada uno de los fluidos. De antemano se puede decir que ya sabían de los comportamientos que ciertos elementos podían tomar en el fluido gracias a que la mayoría de estos materiales están relacionados en la cotidianidad, pero dar cuenta de ello es lo que los pone a pensar si tiene que ver la forma u otra cualidad del cuerpo la

³⁸ Se va hundiendo se entiende la expresión escrita que el estudiante hace a que se humedece, pero que clarifica cuando se le pide el porqué de esos comportamientos.

que los causa; para este segundo grupo la flotación no es una acción propia únicamente del cuerpo sino que es la relación cuerpo – fluido.

Para el tercer grupo, además de caracterizar los mismos comportamientos que los otros dos grupos, este tercer grupo asigna a la posición como una posible causa del comportamiento de los diferentes elementos en el fluido.

A continuación en la 4 se muestra la tendencia en la organización de los elementos del grupo 3.

POSICIÓN 1 = Vertical
POSICIÓN 2 = Horizontal

COMPORTAMIENTO CONFORME A SU POSICIÓN

Fluido a considerar: Agua				Fluido a considerar: Aceite			
Elemento	Comp. 1 Posición 1	Comp. 2 Posición 2	Comp. 3 Posición 3	Elemento	Comp. 1 Posición 1	Comp. 2 Posición 2	Comp. 3 Posición 3
	Hunde	Punto medio	Hunde	Mochilina (Espiral)	Hunde	Flota	Hunde
	Hunde	Flota		Cilindros aluminio	Punto medio	Flota	
	Hunde	Flota		Cuicho	Flota	Flota	
	Hunde			Limadura de hierro	Punto Medio		
	Hunde	Flota		Madera	Flota	Flota	
	Hunde	Flota		Tubo plástico	Punto medio	Flota	
	Flota			Bola de copo	Flota		
	Hunde	Flota		Lamina de aluminio	Punto de medio	Flota	
	Hunde			Pimpon	flota		
	Hunde	Flota		Malla Red	Flota	Flota	

Figura 14. Organización de los estudiantes respecto a la posición de equilibrio, grupo 3.

De la organización que se muestra en la imagen 11, se puede ver que al igual que el grupo dos le asignan al cuerpo un comportamiento diferente de acuerdo a la posición en la que coloquen el elemento con el fluido. De acuerdo a esta, caracterizan tres posibles comportamientos, flotar, quedar entre el fluido y hundirse. Es de aclarar que en un principio este grupo estaba un poco desconcertado sobre lo que debía hacer y al ver que en el grupo dos discutían sobre la posición del cuerpo en el fluido, ellos también empezaron a organizar los elementos desde estas condiciones.

Al contrario del grupo dos, este tercer grupo caracteriza el cuerpo desde dos posiciones, vertical y horizontal de las cuales consideran depende el comportamiento del cuerpo. Posterior a la organización hecha, se pregunta a los estudiantes por qué organizan los cuerpos desde estas características, trayendo a alusión una experiencia hecha en la clase de Química en la que colocaban un alfiler en posición vertical y

horizontal, siendo esta última en la que podía flotar el alfiler. De esto se puede decir que la experiencia sigue cobrando un buen sentido cuando se hace estas actividades de predicción, ya que es uno de los medios que permite enlazar lo conocido con lo desconocido.

Además de darle una dependencia al cuerpo respecto a su posición, también consideran que la forma es un segundo factor a tener en cuenta. Cuando se compartió de manera oral las organizaciones de cada uno de los grupos, este enfatizó que además de la posición era importante la forma, por eso a continuación colocan en evidencia uno de los materiales que pueden manipular fácilmente, la plastilina. Para este grupo, la densidad es un factor importante pero es representativo para el fluido, no para el cuerpo.

Testimonio oral
M: ¿La plastilina puede flotar? G2: Si, nosotros consideramos que la forma es importante. Nosotros le dimos tres formas, en forma de bolita, una lámina delgada y en forma cóncava. Por ejemplo, en el agua sal puede flotar la lámina mientras que en el aceite esta inicialmente va a flotar pero después se va a hundir lentamente.

Tabla 3. Testimonio oral, comportamientos de los cuerpos

De las tres organizaciones presentadas y que hicieron los estudiantes, al respecto se pude decir que estas actúan desde un marco en el cual la experiencia se vuelve en algo formador y transformador de la conciencia, pues a medida que está se va ampliando desde lo individual y colectivo se forman nuevas figuras que despliegan la manera en que nos relacionamos con los fenómenos. Pero este proceso también puede ser dado a la inversa, es decir cuando el objeto empieza a volverse más conocido se va desplegando toda la realidad que este abarca en su complejidad y diversidad, obligándonos a buscar las cualidades que lo definen.



Figura 15. Trabajo de clase, recogiendo la experiencia.

Desde esta perspectiva, entonces la experiencia es un movimiento dialéctico, porque en la experiencia se desarrolla y asimila algo ya dado, es solo cuando se debe enfrentar a cuestiones que la contradicen sea desde otro evento u otra persona la que la obliga a superar esas limitaciones y tejiéndose todo un aglomerado de experiencias que las llevan a que estas se amplíen.

5.2 Construyendo el fenómeno de flotación desde la actividad experimental

Para esta segunda etapa en la construcción del fenómeno de flotación se pide a los estudiantes que de los elementos dados realicen una organización de acuerdo a las hechas en el momento, *recogiendo la experiencia*. Para ello se va a trabajar con los mismos elementos que organizaron y además de esto se darán tres fluidos, agua, aceite y glicerina. Para un primer momento los estudiantes realizan una organización de acuerdo a los intereses de cada uno de los grupos, para posteriormente realizar Para esta etapa se grabaron en vídeo a los estudiantes, los cuales estuvieron organizados en dos grupos, esta vez se trabajó únicamente con 10 estudiantes. A continuación se destaca únicamente los diálogos que se considera son los más relevantes para dar cuenta de las construcciones y la manera en que se enfrentan los estudiantes frente al fenómeno de la flotación.

Análisis

Momento 1: Observación intencionada: Construyendo el fenómeno de flotación

Grupo 1

Para este momento el grupo empieza a tomar decisiones sobre la forma en que va a proceder, a continuación se muestra la ruta que siguieron:

Testimonio
E1: Comencemos eligiendo los objetos E2: Vamos a comenzar por la forma el material o qué. E3: Pero entonces hagámoslo en los tres líquidos de una vez E1: Empecemos por el pin pon y por cada líquido, así los comparamos de una vez. E4: No, todo mejor en el agua. ET: Si, hagámoslo mejor así.

Tabla 4. Organización experimental

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 4, el interés de los estudiantes principalmente radica en verificar los comportamientos de cada uno de esos elementos de acuerdo a las predicciones hechas previamente, por ello toman la decisión de hacerlo primero en agua porque la mayoría había hecho el ejercicio anterior con este fluido. Aquí se puede rescatar que el ejercicio anterior aunque parezca sencillo de realizar, eso que es desconocido causa zozobra, haciendo que se deba confirmar eso que habían pensado inicialmente. Por otro lado, se hace evidente la imagen de autoridad que tiene el estudiante E4, respecto a la manera de proceder. Esto porque es un estudiante que se destaca por sacar altas notas, lo cual genera en los otros una imagen de liderazgo que debe tomar las decisiones, tal vez por el miedo a equivocarse.

De esta situación se muestra que la intención para ellos no es clara, sino que empiezan a coger cada uno de los elementos y los empieza a colocar en el agua para observar cual es el comportamientos de cada uno de estos. Sin embargo hay uno que les causa curiosidad, la bola pin pon forrada en plastilina. De este elemento se empieza a desencadenar toda una organización respecto a la forma, el material y el peso. Alguna de las discusiones al interior del grupo se muestra a continuación en la tabla 5.

Testimonio
<p>E5: Ese es el pin pon forrado. (Lo colocan en agua)</p> <p>E2: No lo puedo creer.</p> <p>E5: Pero es que este es hueco (pin pon-plastilina) por dentro, por eso flota.</p> <p>M: Y si hacen una bolita muy pequeña de plastilina, ¿flota?</p> <p>ET: No.</p> <p>M: ¿La plastilina podría flotar?</p> <p>Aquí realizan la experiencia y colocan una lámina muy fina de plastilina.</p> <p>E3: La plastilina muy delgada si flota, entonces es la <i>forma</i>.</p> <p>Posteriormente una niña toca la plastilina con un lápiz y se hunde.</p> <p>E4: Se hunde porque hay agua encima, el <i>peso</i> se distribuye. Tiene un límite de peso.</p> <p>M: Si tiene un límite de peso, ¿por qué los buques de carga no se hundan?</p> <p>E5: El Titanic supremamente grande, lo único que lo hundió fue que le entró agua.</p> <p>E2: Eso es más por el material.</p> <p>E1: También es la posición en la que se coloque.</p>

Tabla 5. Cualidades respecto al fenómeno de flotación

De este ejercicio se puede rescatar como a medida que se va avanzando en la actividad experimental se van encontrando con otras cualidades que inicialmente no las contemplaban. Si bien aún no pueden definir cuál es la característica que tienen estos en el fluido se abre un camino en diferentes direcciones que los puede llevar a confirmar o descartar alguna de estas. Además son de rescatar como ciertas ideas que tiene uno, los otros la completan o simplemente le hacen ver a la otra persona que no está tomando los criterios suficientes para hacer cierta afirmación.

En este punto se puede ver que la experiencia no se desliga de ninguno de los acontecimientos que observan los estudiantes, uno debe referirse a un acontecimiento conocido por todos para esclarecer en parte la discusión que tenían, esta siempre sale como protagonistas para dar certeza o descartar lo que van encontrando en el camino. Es la experiencia la que siempre está ligando los nuevos acontecimientos con los previos, cambiando la manera típica en que nos relacionamos con el fenómeno. Aquí no hay nada dicho ni establecido, hay que irlo construyendo, siendo la experiencia la que determina en un principio el camino que se sigue en la actividad experimental,

pues es ella la que ha enseñado a ver y sobre la que se cimientan gran parte de las ideas que se tienen respecto al mundo.

Es desde la actividad experimental que se empiezan a dar acercamientos al fenómeno de la flotación, es tan intrínseca al sujeto que se vuelve más sencillo hablar de lo que se conoce ya que se vuelve espontáneo de él y no impuesto por otro sujeto o porque así lo dice una teoría o ley, es tanto así que sin miedo pueden hablar y reír de lo que se les ocurre. En este punto, las preguntas hechas a los estudiantes son las que los ponen a reflexionar sobre si la cualidad determinada podría ser una posible explicación del fenómeno. Por ello, posterior al momento antes presentado, los estudiantes vuelven a realizar una serie de experiencias, las cuales son presentadas en la tabla 6

Situación 1	Situación 2
<p>E4: Si tenemos esta tablita, ¿va a flotar? E1: Obvio flota, la madera siempre flota. E4: Yo creo que es más la posición en la que se coloca. Si tenemos esto (tablita de madera) y le colocamos mucho peso, no va a flotar, es la sincronía del peso y la forma.</p>	<p>M: ¿El pin pon siempre va a flotar? E2: Tal vez no, es que este flota es porque tiene aire por dentro. E1: Que tal fuera todo del mismo material E4: No entiendo. M: Lo que quiere decir Leslie es que sea todo una esfera maciza del mismo material. ¿Flotaría? E4: Yo creo que no. M: ¿Que harían para saberlo? E2: Coger un plástico similar. E1: Rómpanlo Los estudiantes colocan un pedazo del pin pon y este se hunde en el fluido. E4: Entonces si es la forma</p>

Tabla 6. Nuevas ideas frente al fenómeno de flotación

De la primera situación se puede decir que este estudiante le da privilegio a la forma que tiene el cuerpo, para él no necesariamente el material influye en la flotación desde la idea que si así lo fuera este pudiese aguantar cualquier cantidad de peso que este tuviere. Esta forma particular de proceder se asemeja a las relaciones que hace Arquímedes en su libro, sobre la flotación de los cuerpos, cuando coloca cada uno de sus postulados, siempre parte de una hipótesis contraria que valida a la primera. Así mismo el estudiante coloca una situación contradictoria para dar cuenta que el material no es una cualidad particular de la flotación.

De acuerdo a lo que se va encontrando en la actividad experimental, la situación dos es generada a partir de diferentes ejercicios hechos previamente, por ello cuando se les pregunta a los estudiantes si el pin pon puede flotar es esta la pregunta que desencadena todo una organización frente a este elemento. De antemano ya saben que el pin pon flota por la cantidad de aire que tiene, esta situación genera pensar si el cuerpo es el aire contenido en él o el material plástico, por lo que piensan que pasaría si este fuese completamente macizo. De esta situación se puede decir que todo antes parecía tan sencillo que solo hasta que se tropieza ante una dificultad es que empiezan a surgir nuevas observaciones y preguntas problematizadoras que permiten tener otra mirada del fenómeno y que posiblemente no fueron contempladas en las primeras observaciones.

Respecto al grupo dos, se genera una situación desencadenante posterior a las planteadas inicialmente y de las cuales se genera unas posibles formas de proceder.

Testimonio, grupo 2	
Situación	Posibles formas de proceder
E2: Miremos ahora la madera. E1: Yo quiero esta que pesa mucho E3: Oh, my god. No lo puedo creer. Yo si pensé que ese se hundía. E2: Miremos las otras que tienen diferente forma. E2: Todas flotan, entonces no es la forma. E1: Pero, ¿cómo podemos explicar que la madera flota? Solo por ser madera no estamos explicando nada. Es extraño porque no influye ni la forma, ni el peso, ni nada.	E3: El propósito va a ser que todos hundamos la madera. Vamos a hacer de cuenta que no sabemos que es madera. E2: Las partículas de la madera algo deben tener. Yo creo que ahí entra también lo viscoso por la forma en que tiene contacto el cuerpo con esto (fluido). E1: Si, la densidad E3: No, no tanto la densidad sino como la textura.

Tabla 7 Situación desencadenante, grupo 2

Para el grupo dos, al empezar a observar los comportamientos que tiene la madera, se puede apreciar que empiezan a descartar dos de los factores que inicialmente contemplaban, la forma y el peso. Al sentir que no pueden explicar a qué se deba esto, recurren a asignarle a la madera una característica corpuscular de la que tampoco pueden dar cuenta, llevándolos a recurrir a asignarle al medio una característica de viscosidad, la cual confunden con la densidad. El aceite al tener cierta característica sensorial produce la idea que este es más denso, de lo que se puede decir que la

densidad está relacionada con lo pesado o liviano que puede ser un cuerpo. Este grupo al no generar situaciones problemáticas, lo que sigue haciendo es verificando cuál de los cuerpos tiene un comportamiento diferente en alguno de los medios.

Por el contrario, la situación desencadenante que se genera en el grupo 1 permite en los estudiantes que se genere otro tipo de preguntas como, ¿la madera puede hundirse? A partir de esta empiezan a realizar cambios en todos los objetos de madera como: abrir orificios, envolverlos en plastilina, clavar una puntilla, etc. Esta manera de proceder por parte de los estudiantes tiene reflejos del trabajo de Arquímedes sobre la manera en que cada una de las cualidades que le asigna al fenómeno, es la idea antecesora la que pone en contraste con ese nuevo elemento encontrado y de la que permite que la experiencia se siga ampliando al igual que la manera en que se comprende el fenómeno.



Ilustración 1. Modificación de elementos iniciales, grupo 1.

La pregunta si la madera puede hundirse genera la siguiente explicación por parte de una estudiante, la cual se muestra en la tabla 7.

Testimonio
E2: Solo madera yo sí creo que puede hundirse. Lo que le debe pasar es que se humedece.
E1: Ahhh, sí. La madera tiene como poritos, por ahí se mete el agua.
E2: Si porque yo he escuchado de barcos antiguos que están bajo el mar. Esos debieron ser de madera.

Tabla 8. Tendencia testimonio estudiante

Es interesante como a partir de las actividades experimentales que han ido construyendo los estudiantes y sin necesidad de plantearles una ruta experimental empiezan a descartar cualidades en el fenómeno que hacen sobresalir y ganar relevancia a otras como la forma y el peso. Es un juego en doble vía, siempre deben estar devolviéndose a situaciones anteriores para enriquecer las nuevas. Es a partir del dialogo interno del grupo que se empieza a gestar toda una organización frente al fenómeno, lo que unos no han observado los otros lo hacen y le hacen ver a los otros qué camino tomar o qué situación deben aclarar para avanzar en la comprensión del fenómeno.

Finalmente del trabajo realizado en esta observación intencionada del fenómeno de flotación cada uno de los grupos concluye la siguiente organización desde el trabajo realizado:

Organizaciones finales de cada uno de los grupos en torno al fenómeno de flotación	
Grupo 1	Grupo 2
<p>E2: Lo que hemos decidido es que es la forma.</p> <p>E4: Y el peso. Porque si colocamos esto (medio pin pon y le colocamos mucho peso se va a hundir. Ahora porque los buques resisten tanto peso, tal vez sea por la cantidad de agua que se encuentra alrededor. Deben tener un límite de peso.</p> <p>E2: Si, si el barco se hunde es porque está entrando agua estamos agotando el aire que hay adentro, entonces por eso se hunde.</p>	<p>E1: Nosotros creemos que ya no tiene nada que ver el material y el tamaño.</p> <p>E2: No, el tamaño sí.</p> <p>E4: Es la forma la que no influye.</p> <p>M: Tamaño hace referencia, ¿a qué?</p> <p>E2: Como a lo grueso, porque entre más delgado va a tener menos partículas que va a permitir que absorba más y así va a permitir que se hunda.</p>

Tabla 9 Organizaciones finales por cada uno de los grupos participantes

De las organizaciones hechas por los estudiantes no se trata de discutir cuál tuvo un mayor acercamiento a lo propuesto por Arquímedes ni cuáles son los errores conceptuales que tienen los estudiantes para hablar del fenómeno de flotación, sino es de resaltar como desde las intenciones propias se puede empezar a hablar de un fenómeno que antes era desconocido porque aparentemente es tan sencillo de hablar de él que cuando se deben brindar explicaciones resulta ser más complejo de lo que parece, a pesar la relación que se ha tenido con éste en diversos momentos de la vida; por esta razón se podría afirmar que lo que se percibe espontáneamente no es

suficiente para nuestro entendimiento, se requiere en particular de una observación intencionada.

Esta observación en los dos grupos se puede decir se da desde niveles diferentes, lo cual permite afirmar que la manera en que nos relacionamos con los diferentes eventos que acontecen a nuestro alrededor son particulares, por ello es que muchas veces la enseñanza de las ciencias únicamente se torne como la acumulación de información que debe captar de la mejor manera el estudiante para cumplir con ciertas competencias que piden las diferentes instituciones educativas. Con esto no se quiere decir que el estudiante o maestro pueda pensar lo que quiera respecto a un fenómeno y que se deje de lado lo ya establecido por la ciencia. Por el contrario es entrar en dialogo con la información que circula, es reconocerse como sujetos cognoscentes portadores y constructores de conocimiento. Es un proceso que se da en doble vía (reconocer al otro) y en el cual el maestro debe estar en continua reflexión sobre su quehacer pedagógico.

Además es de rescatar que normalmente en el aula este fenómeno se explica desde la acción de fuerzas a las que se ve sometido el cuerpo. Sin embargo, al revisar la organización de cada uno de los grupos ninguno la contempló, basaron sus hallazgos bajo la contrastación de un efecto por otro. Por otro lado, para muchos de los estudiantes resulta difícil no seguir una guía de laboratorio por lo cual posiblemente este haya sido un aspecto por el cual el grupo dos no se haya cuestionado de la misma manera que lo hizo el grupo uno. Tenían necesidad de buscar una respuesta inmediata como se hace en las prácticas de laboratorio habituales. Enfrentarse de esta manera a un fenómeno siempre los tuvo desconcertados porque cuando creían tener ya una respuesta salía otro aspecto que debía revisarse.

Desde esta perspectiva, entonces, la actividad experimental deja de ser subsidiaria a la teoría, pasando a hacer una actividad que nos acerca a los fenómenos y que permite un acercamiento directo con él, ya no se trata de acercar el conocimiento común al conocimiento científico, sino de vivenciarlo desde las preocupaciones particulares.

5.3 Los textos primarios en la construcción de fenómeno

Después de hacer todo el trabajo experimental, se propone a los estudiantes que revisen tres de las proposiciones de Arquímedes en las que él describe tres comportamientos que los cuerpos pueden tener en un fluido y dibujen cada una de ellas. Estas se escogen, porque son estas las que más se relacionan con el trabajo experimental hecho previamente. Todos los participantes coinciden en realizar las mismas representaciones graficas de las proposiciones.

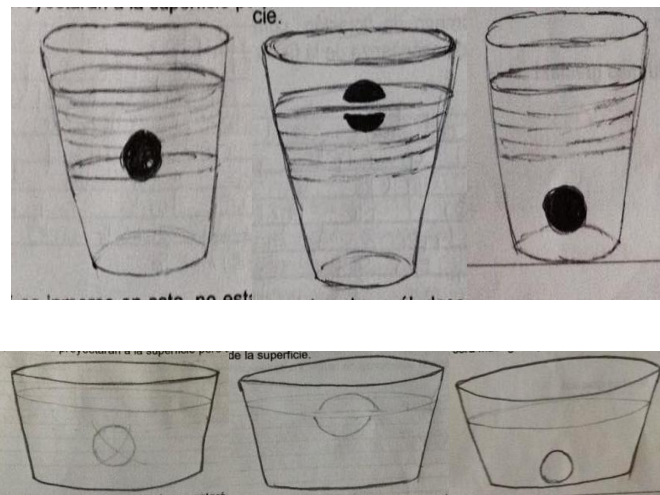


Ilustración 2 Representación de las proposiciones de Arquímedes

Cuando se pregunta a los estudiantes sobre cuál de las proposiciones consideran más importantes y el sentido que estas les suscitan sobre el trabajo experimental hecho, los estudiantes afirman lo que se muestra en la tabla 10.

Testimonio	
<i>Estudiante 1</i>	<i>Estudiante 2</i>
Teniendo en cuenta los conceptos previos con los que llegamos a la primera sesión, (densidad, peso) hacen que de cierta manera nos planteemos el fenómeno de flotación desde diferentes puntos de vista, con respecto a ello los 3 casos eran posibles en nuestra mente pero de cierta manera el de que el objeto se queda en el medio no se resaltan tanto en nuestras posibilidades de consideración.	El sentido es muy diferente ya que los conceptos que teníamos eran un tanto equivocados pero en parte tiene un tanto de coherencia, la verdad ayudó mucho es mejor y uno aprende más desde la experimentación, no solo los temas complejos que está escrito en papeles y uno no entiende nada.

Tabla 10 Reflexiones en torno a las proposiciones de Arquímedes

Al respecto se puede decir que al enfrentarse a la manera en que Arquímedes plantea estas proposiciones a los estudiantes les causa cierto asombro por el lenguaje que usa para referirse a cada uno de los comportamientos de los cuerpos. Esperaban planteamientos acompañados de conceptos extraños y ecuaciones difíciles de deducir. Esto probablemente se deba a esa imagen estereotipada de la ciencia en la que las clases son asumidas como una extensión de las clases de matemáticas en la que solo se resuelven ejercicios algorítmicos con la diferencia que las variables x e y toman nombres particulares.

Al leer los fragmentos, los estudiantes reconocen que no se les hubiera imaginado que el cuerpo pudiese quedar en el medio del fluido; así sea un planteamiento de Arquímedes se les hace extraño porque difícilmente es algo que se observa en la vida cotidiana. Además que en las experiencias hechas con los elementos únicamente se presentaron dos comportamientos, flotar y hundirse. En este punto entonces, se permite reflexionar sobre aquellos momentos en los que en las clases de ciencias se usan situaciones para ejemplificar que para nosotros como maestros son obvias pero que no tienen ninguna relación con las experiencias que han vivido los estudiantes.

Se puede decir que por lo anterior planteado es que los estudiantes rescatan la manera en que se procede y se le permite acercarse al fenómeno de una sencilla en la que no deben hacer uso de conceptos complejos y que no tienen sentido, sino que lo hacen desde las particularidades que cada uno va planteando y que le suscitan a medida que se va ampliando la experiencia. Otro aspecto importante es como ellos

mismos se reconocen como sujetos activos en esa comprensión del fenómeno de flotación, al referirse que ellos también la consideraron como una de sus posibilidades pero que después la descartaron porque no fue evidenciada en la actividad experimental.

De los planteamientos de Arquímedes también hacen los siguientes comentarios que se muestran en la tabla 11.

Testimonio		
Estudiante 1	Estudiante 2	Estudiante 3
Nos da una perspectiva más cotidiana en cuanto a la percepción de tales fenómenos teniendo en cuenta que Arquímedes en esa época no utilizaba conceptos complejos y que surgen en cuestiones lógicas que muchos de nosotros también nos cuestionamos mediante la experimentación y la formulación de hipótesis ante lo que va a pasar	Porque da una manera de entender, tan sencilla y simple que explica la situación tal como es sin explicar otras cosas. Es mejor expresarlo sencillo que decir un montón de conceptos que no se entienden.	Es algo totalmente diferente puesto que los fragmentos le permiten a uno a través de la experimentación entender el fenómeno como tal. Al compararlos, en los textos son más que palabras que uno mastica pero que realmente no se entiende, puesto que la técnica de los textos es muy limitada y no puede responder las preguntas surgidas a comparación de la práctica. Los fragmentos son más abiertos los textos más limitados.

Tabla 11 Consideraciones finales por parte de los estudiantes respecto al trabajo de Arquímedes

Al respecto de las ideas que dan los estudiantes sobre las proposiciones de Arquímedes se puede ver como reconocen la manera en que se aborda el fenómeno y en lo enriquecedora que se vuelve cuando las ideas no están impuestas ni por un texto ni por el maestro, en este punto en un enfrentamiento continuo con lo que va apareciendo y con las formas en que nos hemos ido relacionando con el mundo.

En ese sentido el papel de la experiencia en la elaboración de explicaciones juega una doble función, al ser utilizada para establecer analogías con situaciones anteriores así como para modificar el conocimiento sobre el fenómeno por cuanto surgen nuevas preguntas y se reconocen nuevas posibilidades. La interacción entre los sujetos y los fenómenos es recogida desde los sentidos y de acuerdo con experiencias anteriores se buscan semejanzas con situaciones similares para ser explicados a través del lenguaje.

En esta misma dirección, Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990) quienes reconocen que es necesario implementar estrategias de “colonización cognitiva”, mediante la cual se hace posible recoger la experiencia de los estudiantes para ampliar los modos de conocer

Por estrategia de colonización se puede entender un modo de conquista progresiva y gradual, asociada a recorridos “exploratorios” de todo tipo, pero también a un retroceso continuo; a un volver a poner en cuestión aquello que se ha hecho para organizarlo de nuevo; a un estar en condiciones de servirse también de aquello que ya se posee, adaptándolo para responder a nuevas exigencias; a un deseo continuo de mejorar la ordenación de todo el “territorio”, etc.

Es entonces desde esta perspectiva que se promueve la organización de un fenómeno donde se involucran varios aspectos y situaciones que se derivan de las observaciones, relaciones, representaciones y explicaciones expresadas en torno a un fenómeno, las cuales se cimentan sobre supuestos que se han ido construyendo a lo largo de la vida siendo estas las que permiten relacionarnos y hablar de diferentes eventos que acontecen a nuestro alrededor.

Del trabajo hecho con los estudiantes se rescatan aspectos pedagógicos que pueden ser tenidos en cuenta para la realización de las actividades que se llevan al aula; aquí se consideran algunos.

- Promover en las actividades de aula la explicitación de la experiencia de los sujetos y las exploraciones libres sobre un determinado fenómeno.
- Nuevas problematizaciones a través de preguntas, situaciones y nuevos planteamientos respecto a un fenómeno.
- El desarrollo de procesos de experimentación en los que se amplíe la experiencia y se de la construcción de conocimiento desde lo individual y colectivo.

Desde estos aspectos, la enseñanza de las ciencias se puede considerar como una actividad en la que se privilegien los modos particulares de pensar y relacionarse con el mundo, según (Osorio, 2008)

“La enseñanza de las ciencias debe transformarse y cambiar de la observación repetición de fenómenos y de aproximación a lenguajes, símbolos y resultados matemáticos y experimentales, convirtiéndose en un espacio para procurar que los individuos generen formas de comprensión de los mundos que habitan, esto es para poder tomar en consideración los fenómenos que se pueden presentar en la clase de ciencias y tratar de comprender las condiciones en las cuales son provocados. Esto implica que no solo se modifiquen los modelos de explicación, las concepciones y los lenguajes con los que se refieren los sujetos al mundo, sino que se construyan o consoliden formas de comprensión, argumentación y explicación, entre otros (Sandoval, 2008).

CONCLUSIONES

De todo el trabajo investigativo se rescatan varios aspectos que llevan a reflexionar sobre el quehacer pedagógico y sobre las maneras particulares que como sujetos nos relacionamos con los eventos que acontecen a nuestro alrededor.

I.SOBRE EL FENOMENO DE FLOTACION

A) A PARTIR DE LA EXPERIENCIA EN EL AULA

La flotación alude a un fenómeno muy complejo que requiere ser sometido a un proceso de diferenciación para avanzar en su organización y análisis. ¿Qué es flotar? Es una pregunta válida. Para muchos incluye la acción de la superficie del fluido sobre el cuerpo (tensión superficial, caso de la aguja o limaduras de hierro). Efectos como “los cuerpos sumergidos en un líquido pesan menos”, también están ligados a la idea de flotar. Flotar, hundirse y quedar en medio del líquido son considerados por unos como posibles estados de flotación

La pregunta por los factores que intervienen (peso de los cuerpos, densidad del líquido, forma) y por las condiciones que deben darse para que se dé determinado efecto(que orientación darle al cuerpo que forma darle, con qué llenarlo si es hueco), guían la reflexión y acción de los estudiantes.

La actividad experimental desplegada permite:

- Reconocer a los estudiantes como sujetos activos en la construcción de conocimiento, donde ya no es el maestro el mayor portador de conocimiento sino que es una relación uno a uno en la que ambos se reconocen como sujetos cognoscentes desde las preocupaciones propias. Desde esta idea entonces, se puede

- Ver la ciencia como una actividad colectiva en la que todos los actores inmersos aportan en la construcción del fenómeno desde sus particularidades, haciendo que se amplíe la experiencia evidenciándose en los modos de referirse a aquello que causa algún cuestionamiento.

B) A PARTIR DEL ANALISIS HISTORICO

Arquímedes inscribe la flotación en el fenómeno de sólidos en equilibrio inmersos en fluidos (condición). Distingue tres comportamientos: uno, donde el sólido ha sido proyectado sobre la superficie, otro, donde el sólido está completamente sumergido y el último, donde el sólido reposa al interior del fluido.

Características de los sólidos respecto a la flotación en un fluido dado están definidas por su comportamiento al sumergirlos en él: “un sólido que es más ligero que un fluido, si es inmerso en este, no estará completamente sumergido”. “Un sólido que más pesado que el fluido, si se coloca en este, descenderá hasta el fondo del fluido.

Arquímedes acude a la idea de equilibrio para caracterizar estos comportamientos. El equilibrio es pensado en términos de homogeneidad(o balanza de brazos iguales), donde cambios equivalentes no afectan la homogeneidad ni el equilibrio.

Arquímedes relaciona tres efectos diferentes en la flotación: “los cuerpos desplazan los fluidos” los cuerpos sumergidos en un líquido pesan menos” y “la flotación de los cuerpos depende del fluido. Con ello los cuantifica.

Una nueva imagen del fenómeno, diferente de la que usualmente circula, emerge: La acción del fluido (el empuje) y las fuerzas no hacen parte de la descripción del fenómeno.

II. SOBRE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

La AE no es lo mismo que el experimento. Va más allá de una práctica de laboratorio, es una actividad compleja que implica la creación de fenómenos y su regularización; en general la medición, la manipulación de materiales instrumentos; implica también el enfrentamiento con las ideas propias que los sujetos construyen desde las experiencias adquiridas. Experimentar es crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos. En la práctica experimental se gesta el conocimiento y la posibilidad de transformar el mundo.

III. SOBRE LA EXPLICACION

Si bien se dice que la explicación no hace parte del enfoque fenomenológico, dado que se suele asumir que explicar es buscar detrás del fenómeno causas ocultas de tipo metafísico a las que se deben los efectos observados y de las que no se puede dar cuenta; es importante señalar que la organización de los efectos observados es, desde la perspectiva seguida sinónimo de explicación, descripción y comprensión (describir lo que acontece es señalar los rasgos o características relevantes del fenómeno y sus relaciones, y ponen de manifiesto la comprensión que se tiene del fenómeno.

Explicación no es un argumento. Es un proceso de organización, es por ende dinámico y cambiante al igual que el fenómeno mismo.

IV.SOBRE LA CONSTRUCCIÓN FENOMENOLOGICA

Proceso que es de ida y vuelta, continuamente se evocan experiencias anteriores lo que exige volver a actuar, ampliando la experiencia, y volver a organizarla.

El trabajo colectivo que implica debate y explicitación de ideas hace necesario volver a mirar de manera crítica la organización lograda del fenómeno.

La experiencia previa permite relacionar aquello que se desconoce con aquello que causa algún cuestionamiento, siendo tan significativa que permite hablar de lo desconocido. *En* términos de (Kuhn, 1989) “Lo que un hombre ve depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo han enseñado a ver”. Sin embargo, cuando la experiencia no se ajusta a los comportamientos esperados en los fenómenos, nos obliga a hacer nuevos análisis respecto a una situación determinada.

V. SOBRE EL ANALISIS HISTORICO CRÍTICO

Esta actividad no sólo aporta a la comprensión del fenómeno estudiado sino que le permite reconocerse a quien la realiza como actor o sujeto de conocimiento. Para que el texto primario tenga sentido, es condición tener preguntas e inquietudes sobre el fenómeno abordado en éste.

Esta actividad le permite al maestro valorar las ideas de los estudiantes, visibilizar dificultades que se pueden tener en la organización del fenómeno y superar las expectativas de uso inmediato y adecuado de los términos científicos que circulan en los textos de enseñanza.

Le permite al maestro que lo realiza tener una nueva imagen del fenómeno estudiado, así como tener criterios para determinar ciertos núcleos en torno a los cuales plantear actividades para abordarlo en el aula, y responder adecuadamente a preguntas que se suelen hacer los estudiantes sobre el origen y la fundamentación de principios básicos de dicho fenómeno.

Reconocer diferencias entre las maneras como el fenómeno es presentado por los textos de enseñanza para su difusión y la manera como lo aborda el autor del texto primario, que con éste contribuyó a gestar su organización.

REFERENCIAS

- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades . *Pro-PosiÁies*, 19 - 37.
- Ayala, M. M., & Guerrero, & G. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *Física y cultura*.
- Ayala, M. M., & Rodríguez, L. D. (1996). La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. *Física y cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, 75 - 95.
- Ayala, M. M., Malagon, F., & Sandoval, S. (2005). La historia en la enseñanza de las ciencias: una relación polémica. *Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza ECCE*.
- Ayala, M. M., Malagon, F., & Sandoval, S. (2007). El experimento en la enseñanza de las ciencias: El caso del pH y la temperatura en la organización de las cualidades y la construcción de magnitudes. *Tecne, Episteme y Didaxis*, No. Extra.
- Ayala, M. M., Malagon, F., & Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 120 - 138.
- BACHELARD, G. (2004). El primer obstáculo: la experiencia básica. En G. BACHELARD, *La formación del espíritu científico* (pág. 29). Buenos Aires: Siglo XXI.
- Bachelard, G. (2004). El primer obstáculo: la experiencia básica . En G. Bachelard, *La formación del espíritu científico* (pág. 49). Buenos Aires: Siglo XXI.
- Bargalló Márquez, C., & Roca Tort, M. (2006). Plantear preguntas: Un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 61-71.
- Bell F., H. (1978). *Teaching and learning mathematics (in secondary schools)*. USA: Wm. C. Brown Co. Pub.
- Caballero Carrasco, A., & Blanco Nieto, L. J. (2007). Las actitudes y emociones ante las matemáticas de los estudiantes para maestros de la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura. *Conocimiento y desarrollo profesional del profesor*. Universidad de la Laguna.
- Carr, E. (1978). El hisotriador y los hechos. En E. Carr, *¿Qué es la historia?* (J. R. Mauro, Trad., pág. 32). Barcelona: Seix Barral.
- Chevallard, Y. (1998). ¿Qué es la transposición didáctica? En Y. Chevallard, *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado* (págs. 45 - 47). Aique.

- CONCARI, S. B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1), 85-94. Recuperado el 19 de Octubre de 2014, de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/06.pdf>
- Duhem, P. (1903). Analysis of Mach's the science of mechanics: A critical and historical account of its development. En P. Duhem, *Essays in the history and philosophy of science* (págs. 11 - 13). Estados Unidos: Hackett Publishing Company.
- Dwyer, R. C., & Elligett, J. K. (1970). *Teaching children through natural mathematics*. West Nyack, N.Y.: Parker Pub. Co.
- Echeverría, J. (1998). Nuevas corrientes de la filosofía de la ciencia. En J. Echeverría, *Filosofía de la ciencia* (págs. 11-46). Madrid: Ediciones, Akal, S.A.
- García, E. (2009). Historia y enseñanza de las ciencias; perspectivas socioculturales. En E. García, *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza neumática e hidrostática* (págs. 19-34). Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.
- García, E. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- García, R. (2004). Introducción: Legalidad y causalidad . En R. García, *Psicogénesis e historia de la ciencia* (págs. 25 - 28). Buenos Aires: Siglo XXI.
- García, R. (2006). Definibilidad de un sistema. En R. García, *Sistemas complejos* (págs. 39 - 46). Barcelona, España: Gedisa.
- Guzmán Ozámiz, M. d. (1992). *Selectividad, Matemáticas I. Pruebas 1991*. España.
- Hacking, I. (1996). Interveir: La observación. En I. Hacking, *Representar e intervenir* (págs. 195 - 214). Barcelona: Paidós.
- Halbwachs, F. (1977). Reflexiones sobre la causalidad Física. En H. Fr., J. Piaget, T. Kuhn, & M. Bunge, *Teorías de la causalidad* (págs. 25 - 46). Salamanca: Sígueme.
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2008). El matrimonio cuantitativo-cualitativo: el paradigma mixto. *Documento presentado en el Sexto Congreso de Investigación en Sexología*. Villahermosa, Tabasco, México.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 299 - 313.
- ICFES. (2007). *Fundamentación Conceptual: Área de Matemáticas*. Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. (26 de Noviembre de 2013). Obtenido de ICFES: <http://www.icfes.gov.co>

- Izquierdo, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 45 - 49.
- IZQUIERDO, M. (2008). La organización y la secuenciación de los contenidos para su enseñanza. *Estrategias de investigación en las ciencias experimentales*, 1.
- Jimeno, M. (2006). ¿Por qué las niñas y niños no aprenden matemáticas? Barcelona: Octaedro.
- Koponen, I. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 31-54.
- Krulik, S., & Rudnick, K. (1980). *Problem solving in school mathematics*. Virginia.
- Kuhn, T. (1962). Introducción: Un papel para la historia. En T. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (pág. 20). Breviarios: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (1962). Introducción: Un papel para la historia. En T. Khun, *La estructura de las revoluciones científicas* (págs. 20 - 23). Breviarios: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (1977). La nociones de causalidad en el desarrollo de la Física. En T. Kuhn, M. Bunge, J. Piaget, & F. Halbwachs, *Teorías de la causalidad* (págs. 11 - 24). Salamanca: Sígueme.
- Llivina L., M. J. (1998). *Una propuesta metodológica para contribuir al desarrollo de la capacidad para resolver problemas matemáticos*. La Habana, Cuba.
- Malagon, F. (2012). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física . *Física y Cultura*, 95 - 103.
- Matthews, M. (1994). El constructivismo y la enseñanza de las ciencias. En M. Matthews, *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science* (págs. pp. 137-161 y 220-230). Nueva York: Routledge.
- MATTHEWS, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 2(12), 255-277. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21364/93319>
- Mazarío Triana, I. (2002). *La resolución de problemas en la Matemática I y II de la carrera de Agronomía*.
- MEN, Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Serie Lineamientos Curriculares*. Bogotá D.C.
- MEN, Ministerio de Educación Nacional. (2003). *Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas*. Bogotá D.C.
- Míguez, Á. (2003). Los ejemplos, ejercicios, problemas y preguntas en las actividades de aprendizaje de matemática. *Revista Educación y Pedagogía*, 143-149.

- Molina González, M. (2006). *Desarrollo del pensamiento relacional y comprensión del signo igual por alumnos de tercero de educación primaria*. Granada.
- Niss, M. (1997). ¿Por qué enseñamos matemáticas en la escuela? *Investigar y Enseñar (Variedades de la Educación Matemática)*, 7-16.
- Orozco, J. C. (2005). Los estudios histórico críticos y enseñanza de las ciencias. (U. P. Nacional, Ed.) *Tecne, Episteme y Didaxis (TED)*(2), 70- 79.
- Osorio, S. S. (2008). *La comprensión y la construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias*. . Bogotá: CIUP, Universidad Pedagógica Nacional.
- PIAGET, J. y. (1996). La flotación de los cuerpos y la eliminación de las contradicciones. En J. y. PIAGET, *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. (M. T. Cevasco, Trad.). Barcelona, España: Ediciones Paidós, Ibérica, S.A.
- Pólya, G. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. Mexico: Trillas.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2014). Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=explicar>
- Rodríguez, L. D., & Romero, A. (1999). La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. *Física y cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*.
- RÓDRIGUEZ, M. (2014). *Construcción de fenomenología, experimento y actividad del sujeto: el caso del magnetismo*. Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Romero, A. (2011). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. 71 - 79.
- Sánchez Restrepo, H., & Espinosa Rodríguez, J. D. (2012). *Construcción de Ítems de opción múltiple para pruebas objetivas*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Vasco, C. E. (1985). El enfoque de sistemas en el nuevo programa de matemáticas. *Revista de la Universidad Nacional*, 45-51.