

EL APORTE DE LA ANIMACIÓN Y LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL A LA  
REPRESENTACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS MENTALES SOBRE EL PRINCIPIO DE  
ARQUÍMEDES

ASTRID GALLEGO ÁLVAREZ

FRANK ALEXANDER PARRA SÁNCHEZ

MÓNICA GALLEGO ÁLVAREZ

ASESORA

SONIA LÓPEZ RÍOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

2013

## TABLA DE CONTENIDO

1.	TABLA DE GRÁFICAS.....	4
2.	TABLA DE TABLAS.....	5
3.	TABLA DE ANEXOS.....	6
	INTRODUCCIÓN.....	7
4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
5.	OBJETIVOS.....	13
5.1.	GENERAL.....	13
5.2.	ESPECÍFICOS.....	13
6.	MARCO TEÓRICO.....	14
6.1.	MODELOS MENTALES.....	14
6.2.	MODELOS CONCEPTUALES.....	16
6.3.	<i>MINDTOOLS</i> (HERRAMIENTAS COGNITIVAS PARA EL APRENDIZAJE).....	17
6.4.	MODELOS MENTALES Y CONCEPTUALES, <i>MINDTOOLS</i> , E INFERENCIAS.....	18
6.5.	MARCO LEGAL.....	19
7.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	22
7.1.	PLANIFICACIÓN DE LA REVISIÓN.....	22
7.1.1.	Necesidad de la revisión.....	22
7.1.2.	Protocolo de revisión.....	23
7.2.	DESARROLLO DE LA REVISIÓN.....	24
7.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS.....	24
7.3.1.	Resultados por núcleo temático.....	26
7.4.	REFLEXIONES FINALES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	32
8.	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA.....	34
8.1.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	34
8.1.1.	Descripción del contexto.....	35

8.1.2.	Criterios de selección de los casos. ....	35
8.1.3.	Instrumentos y técnicas de recolección de la información.. ....	36
8.1.4.	Instrumentos y procedimientos de análisis de la información.....	39
8.2.	METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA .....	42
9.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	46
9.1.	REDUCCIÓN DE DATOS .....	46
9.2.	DISPOSICIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	46
9.3.	OBTENCIÓN Y VERIFICACIÓN DE CONCLUSIONES .....	47
9.3.1.	Categoría 1. Papel de las animaciones en la externalización de los modelos mentales. ....	48
9.3.2.	Categoría 2. Evolución de los modelos mentales. ....	55
9.3.3.	Categoría 3. Rol de las simulaciones en la representación de modelos conceptuales. ....	66
9.3.4.	Categoría Emergente. Actitudes de las estudiantes frente al trabajo con animaciones y simulaciones computacionales. ....	71
10.	CONCLUSIONES.....	74
11.	RECOMENDACIONES .....	76
12.	ANEXOS.....	77
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	92

## 1. TABLA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. N° de artículos .....	25
Gráfica 2. N° de artículos .....	26
Gráfica 3. Animación 4 de estudiante 1 .....	49
Gráfica 4. Animación 4 de estudiante 2 .....	50
Gráfica 5. Animación 1 de estudiante 3 .....	50
Gráfica 6. Animación 1 de estudiante 4 .....	51
Gráfica 7. Animación 2 de estudiante 4 .....	51
Gráfica 8. Animación 4 de estudiante 5 .....	52
Gráfica 9. Animación 3 de estudiante 6. ....	53
Gráfica 10. Animación 4 de estudiante 6 .....	53
Gráfica 11. Animación 4 de estudiante 1 .....	61
Gráfica 12. Animación 4 de estudiante 2 .....	62
Gráfica 13. Animación 4 de estudiante 3 .....	62
Gráfica 14. Animación 4 de estudiante 4 .....	63
Gráfica 15. Animación 4 de estudiante 5 .....	64
Gráfica 16. Animación 4 de estudiante 6 .....	65

## 2. TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Concepciones de los estudiantes, relativas a las condiciones de flotabilidad, la fuerza de empuje y posibles factores que afianzan dichas concepciones (Maturano & otros, 2009, 2005, 2006; Barral, F. M., 1990; Bullejos & Sampedro, 1999; García-Carmona, 2009). .....	26
Tabla 2. Categorías apriorísticas y emergente .....	40
Tabla 3. Cronograma de actividades .....	43
Tabla 4. Evolución de los modelos mentales .....	56

### 3. TABLA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ficha bibliográfica.....	77
<b>Anexo 2.</b> Consentimientos informados.....	79
<b>Anexo 3.</b> Actividad 1: Diagnóstico.....	81
<b>Anexo 4.</b> Ambiente de aprendizaje.....	84
<b>Anexo 5.</b> Animación N° 1 Relación masa, densidad y volumen en la flotación.....	85
<b>Anexo 6.</b> Simulación 1.....	85
<b>Anexo 7.</b> Animación 2.....	87
<b>Anexo 8.</b> Animación 3.....	87
<b>Anexo 9.</b> Foro.....	88
<b>Anexo 10.</b> Simulación 2.....	88
<b>Anexo 11.</b> Animación 4.....	90

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una investigación pensada desde la pregunta por las posibilidades que brindan las animaciones y simulaciones computacionales en la representación y comprensión del principio de Arquímedes; es decir, el interés por la enseñanza y el aprendizaje de este principio; la primera desde modelos conceptuales representados por las simulaciones y el segundo a través de la construcción de modelos mentales exteriorizados por las estudiantes mediante animaciones computacionales.

El principio de Arquímedes ha sido una temática problemática para los estudiantes al presentar dificultades en la comprensión de conceptos como fuerza, empuje y flotabilidad, que intervienen directamente en el estudio de este fenómeno. Esta problemática se debe a que estos conceptos son abstractos, por lo tanto son difícilmente entendibles por los estudiantes a partir de métodos tradicionales de enseñanza, por lo que se propone incluir las *Mindtools* o herramientas cognitivas (Jonassen, 1996), como simulaciones y animaciones computacionales que ayudan a la construcción, cambio y evolución de las representaciones que poseen los estudiantes sobre los objetos del mundo que pueden ser exteriorizados de una manera más dinámica.

Para intentar encontrar una solución a esta problemática se inicia con el planteamiento de unos objetivos que guían todo el trabajo; y que están enfocados en identificar las potencialidades de las simulaciones y animaciones para la representación, exteriorización y evolución de los modelos mentales de las estudiantes. Posteriormente se presenta una revisión de literatura con la ayuda de los siguientes ejes temáticos: utilización de las simulaciones para el abordaje del principio de Arquímedes y para la representación de los modelos conceptuales, los trabajos o propuestas que se han realizado en torno a esta temática, y las concepciones que los estudiantes poseen de la misma.

Luego, se incluyen en el capítulo 8. las teorías en las cuales se fundamenta el trabajo de investigación: los modelos mentales de Johnson-Laird (1983, 1990, 1993), los cuales son representaciones que cada persona hace del mundo, y las *mindtools* de Jonassen (1996), como referentes cognitivos que permiten la construcción de representaciones sobre el conocimiento.

Posteriormente, se hace referencia a la fundamentación metodológica, tanto en lo relativo al enfoque de investigación como a la propuesta de enseñanza. Desde esta perspectiva se realiza una investigación cualitativa con estudio de caso colectivo, donde los casos de interés son nueve estudiantes de décimo grado del Colegio Palermo de San José; con quienes se llevó a cabo una intervención en la que se implementó una propuesta didáctica apoyada en herramientas computacionales.

Por último son presentados los resultados, producto del análisis de la información obtenida durante la intervención; este proceso se hace a través de una interpretación, análisis de contenido, codificación, categorización y triangulación de información, a partir de lo cual se generaron diversas conclusiones y recomendaciones, con el propósito de aportar elementos para futuros investigadores que pretendan incursionar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física con un sentido crítico en torno a la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el aula de clase.

#### 4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es común encontrar cierta apatía por parte de los estudiantes hacia los contenidos desarrollados en la clase de física. Frecuentemente se escuchan comentarios sobre lo tedioso que puede convertirse una hora atendiendo a temas ininteligibles para ellos y terminan por centrar su atención en otros aspectos; tal como lo afirma Pozo (1998) “En apariencia los alumnos cada vez aprenden menos y se interesan menos por lo que aprenden”. Desde la experiencia docente de los investigadores que realizan este trabajo y en interacción con las estudiantes, es común encontrar por parte de ellas, expresiones despectivas hacia la asignatura, tales como: “odio la física porque sólo son fórmulas” “gracias a Dios voy a estudiar algo que no tiene que ver con la física”. En este sentido, Rodríguez, Mena & Rubio (2009) afirman que los estudiantes no están preparados para esta asignatura, puesto que no han recibido las herramientas necesarias, ni la disposición para actuar de manera reflexiva frente a los problemas que se les presenten en su cotidianidad en relación con la física; lo cual puede ser una justificación para explicar el origen de estas expresiones.

“Desmotivación hacia el aprendizaje, altas tasas de mortalidad académica, apatía, repitencia, deserción...” (Mesa, 2004, p. 4) son algunas manifestaciones del fracaso en la educación en ciencias, particularmente en la asignatura de física. Esto se refleja en los bajos resultados de pruebas, tanto internas como externas que se presentan en las instituciones educativas; como lo muestra los bajos resultados obtenidos por las estudiantes del colegio Palermo de San José del Poblado, según el análisis realizado en el año 2012 por la coordinación académica y el docente de física de dicha institución, en cuanto a las pruebas saber 11 (antes ICFES), en la asignatura de física.

Por otro lado, es el docente quien abusa del método expositivo, presentando los contenidos de manera desarticulada con la realidad, generando esa apatía hacia el aprendizaje de la ciencia. Según Justi (2006), “...es incoherente pensar que la enseñanza de las ciencias se limite a la transmisión de una serie de conocimientos desvinculados y muchas veces obsoletos, y que el papel del alumno sea solamente acumular tales conocimientos” (p. 174). Por lo tanto (Justi, 2006), propone promover un modelo de enseñanza que:

- Brinde a los estudiantes la posibilidad de pensar críticamente sobre el papel de la ciencia en la sociedad.
- Permita concebir una naturaleza de la ciencia flexible y no acabada.
- Tenga en cuenta los saberes que los estudiantes traen al aula, a la hora de seleccionar los contenidos y procedimientos a utilizar.
- Considere la manera como los estudiantes comprenden el mundo que les rodea, mediante las representaciones mentales construidas por ellos.

De estas necesidades, han surgido diferentes aportes teóricos e investigaciones (Moreira, 2001; Justi, 2006; Pozo, 1998; Kofman, 2004; Johnson-Laird, 1983), basadas en una enseñanza mediante modelos mentales, donde se pueden analizar las representaciones que el estudiante construye sobre los objetos del mundo. Sin embargo, existen elementos y relaciones entre ellos, que no son fáciles de representar, debido a su naturaleza abstracta e imperceptible. Además, los modelos mentales que poseen los estudiantes “incompletos; inestables [...]”; no tienen fronteras bien definidas; son no científicos [...]. El único compromiso de los modelos mentales es su funcionalidad para el sujeto.” (p 109). Es aquí donde consideramos que el papel de la enseñanza es presentar modelos conceptuales (que pueden ser representaciones matemáticas, aparatos o sistemas físicos, imágenes o simulaciones computacionales) que permitan que el estudiante comprenda aspectos de un modelo conceptual.

El presente trabajo recoge los elementos de la teoría de los modelos mentales, para aplicarlos al modelo que describe la flotación de los cuerpos, debido a que se han identificado, mediante la experiencia y el análisis de la literatura, algunas dificultades en la comprensión de dicho concepto. En este aspecto, de acuerdo a algunas investigaciones que se han hecho sobre este tema (Barral, 1990; García, 2009; Bullejos & Sampredo, 1987), se han identificado algunas dificultades que los estudiantes presentan para la comprensión de dicho principio:

- En primer lugar, para poder entender la flotación de un cuerpo sumergido en un fluido, se debe comprender lo que es fuerza de empuje y, como lo afirma Barral (1990), tradicionalmente se enseña este concepto identificando de qué variables depende; sin embargo, la fuerza, por ser un concepto abstracto, escapa a la comprensión por parte de

los estudiantes y muchos de ellos no tienen una representación clara aun cuando al sumergir un objeto, por ejemplo un balón dentro del agua, se siente una especie de “repulsión” que empuja al balón hacia arriba.

- En segundo lugar, a pesar de que el estudiante cuando aborda el tema de flotabilidad, ya ha visto los modelos conceptuales sobre dinámica del movimiento y de cuerpos en reposo, se sigue con la creencia de que los cuerpos en reposo no experimentan ninguna fuerza. Por ejemplo, al preguntarle a una estudiante del grado once del Colegio Palermo de San José sobre por qué flotan los cuerpos en el agua, ella responde que flotan porque no hay gravedad dentro del agua y, por lo tanto, no hay peso.
- Un tercer aspecto es el término “flotar”, puesto que, según Barral, los estudiantes tienen la idea de que un objeto flota sobre un fluido, cuando este permanece sobre la superficie de dicho fluido; por lo que, en los resultados de su investigación, al preguntar a los estudiantes si un *iceberg* flota o no en el agua, un estudiante responde que la parte que flota es la que está sobre el agua, mientras que la parte del *iceberg* que está bajo la superficie no está flotando.

El objetivo de la propuesta es responder a estas dificultades, resaltando la importancia de la implementación de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la ciencia, en particular la utilización de simulaciones computacionales; las cuales pueden favorecer la manera de representar un cierto fenómeno, y con esto la construcción o transformación del modelo mental que el estudiante tenga sobre dicho fenómeno, esperando que el modelo mental se acerque al modelo aprobado por la comunidad científica. Como lo dice Jonassen (1996), las *mintools* deben actuar como “socios cognitivos”, permitiendo que el estudiante aprenda de manera significativa. Mesa (2004) apoya lo expuesto anteriormente al afirmar que “[...] el desarrollo e implementación de herramientas tecnológicas e informáticas a nuestros currículos educativos, tales como el *software* y la simulación de fenómenos (bajo una adecuada orientación docente), se convierte en una valiosa ayuda” (p. 4); además, brinda herramientas alternativas que, si se utilizan con una intencionalidad, pueden captar la atención de los estudiantes, asumiendo un trabajo autónomo y crítico, a la vez que puede cambiar la visión sesgada que tienen sobre las ciencias.

Sin embargo, a pesar del auge que ha tenido la línea de investigación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas; las herramientas computacionales son muy poco utilizadas en los currículos de ciencias, puesto que “a los profesores y profesoras nos cuesta cambiar, ya que somos conservadores, y que la rémora institucional y rutinaria dificulta cualquier propuesta innovadora” (Sanmartí e Izquierdo, 2001, p. 2) y si son implementadas, el docente las utiliza sin una propuesta didáctica que oriente unos objetivos pedagógicos, previamente bien definidos y que permitan aprovechar los beneficios de esta herramienta (Kofman, 2004); por ello éste debe servir como mediador entre el conocimiento científico, el alumno y la(s) herramienta(s) que se utilizan para llevar los contenidos al aula; como lo establece Porlán y otros (citado por el mismo Porlán& Martín) “El profesor es el mediador fundamental entre la teoría y la práctica educativa” (p. 15).

Ahora bien, con base en lo expuesto anteriormente, el presente proyecto se direcciona a dar respuesta a la pregunta ¿Qué posibilidades brindan las animaciones y simulaciones computacionales en la representación y comprensión del principio de Arquímedes en estudiantes del grado décimo?

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. GENERAL**

Develar las posibilidades que brindan las animaciones y las simulaciones computacionales en la representación y comprensión del principio de Arquímedes en estudiantes del grado décimo.

### **5.2. ESPECÍFICOS**

Caracterizar el papel de las animaciones en la externalización de los modelos mentales de las estudiantes.

Identificar los posibles indicios de evolución de los modelos mentales de las estudiantes.

Describir el rol de las simulaciones computacionales en la representación de modelos conceptuales.

## **6. MARCO TEÓRICO**

Este trabajo se sustenta en teorías psicológicas, como la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y los modelos conceptuales abordados desde la perspectiva de Norman, más los aportes que hacen Moreira y Greca; además, se aborda el enfoque teórico que propone Jonassen a partir de las herramientas cognitivas (Mindtools), las cuales se articulan con la teoría de los modelos mentales, puesto que posibilitan un pensamiento de nivel superior.

### **6.1. MODELOS MENTALES**

Hawking (2010), en el capítulo tres de su libro *El Gran Diseño*, presenta una alegoría sobre cómo sería “la realidad” que ve un pececillo dentro de una pecera esférica, comparada con la “realidad” que percibimos los seres humanos fuera de ella. Después, presenta los diferentes modelos que han intentado explicar las leyes que rigen los fenómenos naturales, concluyendo que no se puede hablar de un modelo verdadero, sino del modelo que posee leyes más simples, puesto que las diferentes visiones pueden dar una explicación del universo. Así como la visión que presentaría el pececillo dentro de la pecera y nuestra visión sirven como sistemas de referencia para dar explicaciones sobre los objetos del mundo y sus relaciones, salvo que dentro de la pecera las leyes serían un poco complicadas, ya que no se presentarían movimientos con trayectorias rectas, sino curvas. Es por esto que no tiene sentido afirmar si un modelo es real o no, sino más bien si ese modelo concuerda con las observaciones.

Hawking continúa su análisis al concluir que no se puede separar al observador de su percepción del mundo, que se crea por la manera en que el sujeto piensa y razona. Esta percepción no se realiza de manera directa, sino que se da a través de la estructura interna del observador, que es la que interpreta el mundo y sus fenómenos.

En este sentido, Johnson-Laird (1983, 1990, 1993) propone la teoría de los modelos mentales como una forma de abordar el estudio de las representaciones del mundo, en la mente de los individuos, representaciones que se construyen idiosincráticamente, puesto que depende de cada sujeto que la construye.

Se puede distinguir entre representaciones mentales analógicas y proposicionales. Las imágenes visuales son un ejemplo de representaciones analógicas, pero existen otras como las auditivas, las

olfativas y las táctiles. Las representaciones proposicionales son de “tipo lenguaje”, pero se trata de un lenguaje que no tiene que ver con la lengua que hablamos; es un lenguaje propio de la mente: el “mentalés”.

Hay otra forma de representación llamada modelos mentales, los cuales, el autor define como análogos estructurales de un estado de cosas y su estructura, pero no su aspecto, corresponden a la estructura de lo que representan (Moreira y Greca, 2002).

Según Moreira, el aporte que la teoría de los modelos mentales hace a la enseñanza de la ciencia es poder analizar, desde una perspectiva psicológica, la manera como comprenden los estudiantes los fenómenos naturales y, a la luz de la teoría, comprender el fenómeno es tener un modelo mental sobre él.

Dentro de la teoría de los Modelos Mentales se describen algunos principios, desde los cuales se sustenta dicha teoría (Moreira, Marrero & Acosta, 2001); sin embargo, a continuación se presentan sólo los principios importantes para el desarrollo de la presente investigación y sus aportes para la recolección de datos y el análisis de resultados.

1. Principio de la computabilidad (Johnson-Laird, 1983, p. 398): este principio dice que las personas pueden operar con sus modelos mentales; por ejemplo, rotar, trasladar o darle movimiento a las representaciones de los objetos del mundo. Dentro de la investigación, se pretendía que las estudiantes pusieran en funcionamiento sus modelos mentales al exteriorizarlos mediante la herramienta *PowerPoint*, donde se les permitió operar con los modelos que han construido sobre el principio de flotación.
2. Principio del constructivismo: “un modelo mental es construido por elementos dispuestos en una estructura particular para representar un estado de cosas” (ibíd.); por lo que se considera que los estudiantes aprenden si han incorporado en sus estructuras mentales, elementos que representan de manera análogo-estructural, los elementos del mundo, que les permitan explicarlo. Es por esto que la investigación se fundamenta en la teoría de los modelos mentales, puesto que es una teoría constructivista, donde se reconoce que es el estudiante quien construye su propio conocimiento.
3. Principio de economía en los modelos: “una descripción de un estado simple de cosas se representa por un modelo mental simple, incluso si la descripción es incompleta o indeterminada” (óp. cit., pág. 408). En este sentido, este principio permite analizar el número

de elementos o modelos que los estudiantes deben construir para dar explicación al fenómeno de flotación.

4. Principio de predicabilidad: un predicado puede aplicarse a todos los términos a los que otro se aplica, pero no puede tener intersección en el alcance de la aplicación” (op. cit., pág.411).
5. Principio de la identidad estructural: “las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas tanto percibidas como concebidas, que los modelos representan” (óp. cit., pág. 419). Por lo tanto, este principio ayuda a comprender los modelos mentales que construyen las estudiantes y la evolución de estos al acercarse al modelo aceptado por la comunidad científica.

## **6.2. MODELOS CONCEPTUALES**

Una teoría científica es una representación o un modelo que describe los fenómenos del mundo; por tanto, una teoría es una idealización producto de las representaciones externas, llamadas modelos conceptuales, compartidos por determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee. Los modelos conceptuales “son considerados como aquellos inventados, diseñados por investigadores, ingenieros, arquitectos, profesionales para facilitar la comprensión de sistemas físicos o estados de cosas físicos [...]” (Moreira, Greca & Rodríguez, 2002, p.42); sin embargo, estos modelos no son copia exacta del fenómeno natural, puesto que quien los construye también opera con modelos mentales; pero para autores como Norman, Gentner & Stevens (1983), son representaciones precisas y consistentes con los objetos del mundo. Nersessian (1992), citado por Moreira & Greca (1998), afirma que el modelo mental “es un nivel intermedio de análisis entre el fenómeno natural y el modelo matemático final resultante” (p. 112) de dicho fenómeno. La idea de utilizar esos modelos conceptuales en el aula, es la de permitir que los estudiantes construyan modelos mentales compatibles con los modelos conceptuales, aunque esto no siempre se logra; puesto que los modelos que se construyen son particulares, incompletos y con algunas contradicciones, pero funcionales para su vida cotidiana. Moreira sigue afirmando que “la idea básica es que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza pero el instrumento de aprendizaje es el modelo mental” (Moreira et al, p. 48). No obstante, según Norman (ibíd.) los modelos conceptuales deben presentarse en el aula de tal

manera que puedan ser aprendibles, funcionales y utilizables, con el fin de que el estudiante pueda reestructurar sus propios modelos mentales.

En este sentido, desde este trabajo de investigación presentamos el modelo conceptual de la flotación de los cuerpos a través de simulaciones computacionales, esperando que las estudiantes puedan construir modelos mentales compatibles con el modelo conceptual.

### **6.3. MINDTOOLS (HERRAMIENTAS COGNITIVAS PARA EL APRENDIZAJE)**

Jonassen (1996) promueve en su libro *Aprender de, aprender sobre, aprender con las computadoras* el uso de herramientas computacionales, denominadas *Mindtools* “para extender el funcionamiento cognitivo durante el aprendizaje, para comprometer a los estudiantes en operaciones cognitivas mientras construyen el conocimiento, de una manera que, de otra forma, no podrían ser capaces de hacerlo” (Pea, citado por Jonassen, 1996, p.7). Es esta la gran diferencia que tienen las *Mindtools* con otras aplicaciones tradicionales, que no comprometen el pensamiento complejo, al incorporar actividades donde el estudiante sólo se limita a memorizar y acumular conceptos sin conexión con la realidad.

Jonassen afirma que para que el estudiante pueda darle significado a lo que aprende, éste no debe utilizar las herramientas sin pensar sobre el contenido de lo que está aprendiendo, es decir, la implicación y utilización de estos conceptos en dominios específicos del contexto donde se desenvuelve. Es por esto que el estudiante debe comprender los alcances de las herramientas que utiliza; por ejemplo, en el caso de las simulaciones computacionales, las cuales presentan los modelos conceptuales de una manera dinámica, permitiendo que quien las utilice pueda inferir, relacionar, interpretar y construir sus propias representaciones; pero teniendo en cuenta que estas simulaciones son también representaciones e idealizaciones de los fenómenos naturales. Jonassen concuerda con Johnson-Laird al afirmar que el estudiante cuando llega al aula ya tiene una representación del mundo, de acuerdo a sus experiencias y de cómo las organiza. De aquí que se reconoce la importancia de las *Mindtools*, ya que ayudan a organizar y representar lo que ellos saben y dónde se puede negociar colaborativamente el significado.

#### 6.4. MODELOS MENTALES Y CONCEPTUALES, *MINDTOOLS*, E INFERENCIAS

Como se ha dicho, los modelos son constructos que cada individuo forma en su mente para representar, de manera análoga estructural a la realidad; pero lo importante no es la mera construcción de modelos, sino cómo los usa para llegar a una conclusión; es decir, puede inferir nuevas relaciones, a partir de modelos iniciales (Moreira, 1997). Dicho individuo manipula estos modelos y opera con ellos para dar una conclusión que le permita explicar lo que le rodea. A esto se le llama razonar sobre el modelo, a diferencia de la lógica formal, donde se razona por medio de proposiciones silogísticas. De esta manera, lo que es importante no son las reglas que se utilizan, sino el contenido de las representaciones de los enunciados. Para comprender esto, Moreira cita un ejemplo, el cual es una adaptación de otro ejemplo dado por Hampson y Morris (1996, p. 243-244), donde se suponen los siguientes enunciados: “El lápiz está a la izquierda del portaplumas”, “La goma está enfrente del portaplumas”, “La regla está enfrente del lápiz”. De las anteriores afirmaciones se puede construir un modelo mental, donde se represente la ubicación de los objetos, de la siguiente manera:

Lápiz	portaplumas
Regla	goma

De este modelo se puede inferir que la regla está a la izquierda de la goma. Aunque este ejemplo es sencillo, entre más complejas sean las proposiciones y entre más modelos haya que construir, la capacidad de inferir una conclusión se hace más compleja. Como por ejemplo, siguiendo a Moreira, si se suponen los siguientes enunciados: “El lápiz está a la izquierda del portaplumas”, “La goma está a la izquierda del portaplumas”, se pueden formar los siguientes modelos

Lápiz	goma	porta plumas
Goma	lápiz	porta plumas

Por lo cual, no se puede inferir una única conclusión entre la relación del lápiz y la goma, a partir de las afirmaciones planteadas.

En la enseñanza, se deben presentar herramientas que le permitan al estudiante, no solo representar lo que sabe, sino que también lo pueda organizar, de tal manera que pueda operar con los modelos construidos y así inferir nuevas relaciones. El uso de *Mindtools* posibilita un pensamiento de alto nivel, ya que permite que el estudiante no se limite a cambiar variables sobre un fenómeno y a trabajar operativamente, sino que pueda comprender el fenómeno representado (construir modelos mentales y operar con ellos), para establecer nuevas relaciones y conclusiones

que le permitan explicarlo y extrapolarlo a otros conceptos. Es por esto, que al hablar de herramientas cognitivas, lo que el autor expone es que éstas deben funcionar como socios intelectuales, donde el individuo aprende con ellas y no de ellas. Los programas computacionales posibilitan al usuario construir o modificar las representaciones que se poseen sobre el mundo de los objetos. Es en este sentido, donde existe un punto de encuentro entre la teoría de los modelos mentales y la utilización de herramientas computacionales, al estar involucrados con los procesos cognitivos en los cuales se construyen esas representaciones mentales, construcción que se puede vincular estrechamente con los requerimientos funcionales de las *Mindtools*.

Por último, Vega (1984, p. 454), citado por Moreira (ibíd.), propone tres etapas en la elaboración de inferencias, las cuales son:

1. Construir el modelo mental de la primera premisa.
2. Agregar la información de la segunda premisa al modelo mental de la primera, teniendo en cuenta los modelos alternativos en los que puede hacerse.
3. Inferir una conclusión que exprese la relación, si existe entre los elementos extremos, que sea común a todos los modelos de las premisas construidos en las etapas previas.

De acuerdo con estas etapas, la estrategia de enseñanza del presente trabajo de investigación, se diseñó de tal manera que las estudiantes pudieran exteriorizar sus representaciones, para luego presentar los modelos conceptuales, a través de las simulaciones y así lograran incorporar nuevos elementos a las representaciones iniciales, que les permitiera realizar inferencias más complejas para la resolución de problemas sobre el principio de flotación.

## **6.5. MARCO LEGAL**

En la actualidad, la sociedad en general se encuentra envuelta en medio de una gran cantidad de información proveniente de diferentes medios de comunicación, en especial, la mayor parte del conocimiento que proviene de la red; por lo que se hace necesario instalar en los establecimientos educativos herramientas tecnológicas e infraestructura necesaria para acercar a los estudiantes al conocimiento de manera más eficiente. Al respecto, con el fin de brindar un marco normativo para el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), el gobierno genera la ley 1341

del 30 de julio de 2009, de la República de Colombia, donde se promueve el uso de las TIC a través de tres programas:

- Masificación del uso de las TIC en todos los estratos socioeconómicos, incluso en las zonas más apartadas, para aumentar la competitividad.
- Reducción en la brecha informática, mediante la incorporación de las TIC en los centros educativos.
- Mejorar la calidad de vida de los colombianos y modernizar las instituciones públicas.

De acuerdo a esta ley, según el artículo número 6, se define las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), como “el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, vídeo e imágenes” (p. 4, 2009). Por lo que el uso de las TIC en las instituciones promueve un acercamiento a los saberes científicos más avanzados, mediante la apropiación de hábitos de aprendizaje que involucran procesos cognitivos en un nivel superior.

Además, según el artículo 2 de la misma ley, sobre los principios orientadores, se afirma que:

“La investigación, el fomento, la promoción y el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicación son una política de Estado que involucra a todos los sectores y niveles de la administración pública y de la sociedad, para contribuir al desarrollo educativo, cultural, económico, social y político e incrementar la productividad, la competitividad, el respeto a los derechos humanos inherentes y la inclusión social” (p.1).

Es por esto que los centros educativos deben estar dispuestos para crear estrategias para la inclusión de las TIC en los establecimientos, donde cada integrante de la comunidad educativa tome una posición activa y participativa para hacer parte del cambio. De este modo, el docente debe identificar sus debilidades en cuanto al uso de las herramientas tecnológicas, para adquirir, mediante capacitaciones permanentes, la capacidad de diseñar ambientes de aprendizaje, de tal manera que estimule a la adquisición del conocimiento (Sanmartí e Izquierdo, 2001).

Por otro lado, desde el Plan Decenal de Educación (2006-2016) de la República de Colombia, se plantean unos macro objetivos para la renovación pedagógica, desde y con el uso de las TIC en la educación, los cuales son, entre otros:

- “Dotar y mantener en todas las instituciones y centros educativos una infraestructura tecnológica informática y de conectividad, con criterios de calidad y equidad, para apoyar procesos pedagógicos y de gestión” (2006, p. 43)
- “Fortalecer procesos pedagógicos que reconozcan la transversalidad curricular del uso de las TIC, apoyándose en la investigación pedagógica” (Óp. cit)
- “Construir e implementar modelos educativos y pedagógicos innovadores que garanticen la interacción de los actores educativos, haciendo énfasis en la formación del estudiante, ciudadano del siglo XXI, comprendiendo sus características, necesidades y diversidad cultural” (2006, p. 44).
- “Renovar continuamente y hacer seguimiento a los proyectos educativos institucionales y municipales, para mejorar los currículos con criterios de calidad, equidad, innovación y pertinencia; propiciando el uso de las TIC” (Op. cit).
- Transformar la formación inicial y permanente de docentes y directivos para que centren su labor de enseñanza en el estudiante como sujeto activo, la investigación educativa y el uso apropiado de las TIC (2006, p.45).

De igual manera, el Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, ha definido tres grandes ejes de política para incorporar las TIC en los establecimientos educativos para la apropiación de las herramientas tecnológicas y la información, para el mejoramiento de la calidad educativa. Estos ejes son: acceso a la tecnología, acceso a contenidos y el uso y apropiación, desde donde se traza la ruta de apropiación de TIC para el desarrollo profesional docente, la cual pasa por el proceso de sensibilización e inclusión, donde los docentes enfrentan sus temores y dificultades; luego se presentan dos momentos de preparación cognitiva de iniciación y profundización, para el desarrollo de competencias pedagógicas, comunicativas y colaborativas, éticas y técnicas (MEN, 2008).

## 7. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se presentan los procedimientos y las técnicas que se utilizaron para la revisión y el posterior análisis de la literatura. En esta etapa se seleccionaron y consultaron las diversas fuentes de información, las cuales aportaron elementos importantes para direccionar la investigación; además de dar una contextualización sobre los estudios e investigaciones precedentes, en cuanto a la temática abordada (Hoyos, C. 2000).

De acuerdo con la metodología que propone Kitchenham (2004), y en concordancia con la guía teórico práctica sobre construcción de estados de arte, diseñada por Hoyos (2000), la revisión de la literatura se realizó en tres fases, las cuales son: planificación de la revisión, desarrollo de la revisión y descripción de los resultados obtenidos.

A continuación se detallan cada una de estas fases de la revisión de la literatura.

### 7.1. PLANIFICACIÓN DE LA REVISIÓN

Como lo establece Hoyos (Op.Cit), en esta fase se expresa el objetivo de la investigación, así como los parámetros y el protocolo que se tuvo en cuenta para el desarrollo del proceso de revisión (tipo de fuentes que se revisaron, ejes temáticos para delimitar la búsqueda y criterios de selección de unidades de análisis).

**7.1.1. Necesidad de la revisión.** De acuerdo a la identificación del problema y el posterior planteamiento de los objetivos propuestos al inicio de la investigación, se vio la necesidad de construir una estrategia didáctica que brindara aportes a la enseñanza de la ciencia y, de esta manera, generar en los estudiantes una actitud positiva hacia el aprendizaje de los conceptos científicos. Es por esto que se inicia el proceso de revisión de la literatura para analizar los trabajos que se han publicado sobre el tema del principio de Arquímedes, en cuanto a tendencias, metodologías abordadas, identificación de dificultades en el aprendizaje y en la enseñanza, entre otras cuestiones que contextualicen la presente investigación.

Por otro lado, con la revisión de la literatura, se pretende construir un marco de referencia para futuros investigadores que quieran incursionar en estudios investigativos

relacionados con el tema de flotación en particular, o en la enseñanza de la ciencia en general y que puedan realizar otros aportes en este campo de investigación.

Para llevar a cabo la revisión, se consultaron revistas electrónicas de acceso público, encargadas de divulgar artículos sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

**7.1.2. Protocolo de revisión.** Aquí se definen las normas o criterios de revisión de la literatura que se siguieron para la búsqueda de los artículos relacionados con el principio de flotación, con el fin de reducir la densidad de información que, a consideración de los investigadores, puede no ser relevante para el presente trabajo de investigación. Sin embargo, como lo plantea Kitchenham, estos criterios contribuyen a evitar los prejuicios por parte de los investigadores y que puedan desviar el objetivo de la investigación.

Para realizar el rastreo bibliográfico se escogieron 44 revistas electrónicas de enseñanza y divulgación de las ciencias o de la física, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo al reconocimiento y la aceptación en la comunidad. Se seleccionaron los artículos que se publicaron desde el año 2003 hasta el año 2013, aunque se incorporaron algunos artículos de años anteriores que se consideraron relevantes para la revisión de la literatura. Para seleccionar los artículos se procedió a revisar los índices de contenidos de cada revista y con la utilización de palabras claves se escogían aquellos que se relacionaban con el principio de Arquímedes.

Con el fin de facilitar el análisis de los artículos encontrados, se definieron los siguientes núcleos temáticos, los cuales se escogieron de acuerdo al marco teórico, en concordancia con los objetivos de investigación.

Concepciones de las estudiantes en relación con el principio de Arquímedes (N1): en este núcleo temático se ubicaron los artículos cuyo propósito es analizar las concepciones que los estudiantes tienen sobre el principio de flotación o que arrojan algunos resultados en cuanto a las dificultades que tienen los estudiantes para comprender el principio de Arquímedes.

La simulación computacional en la enseñanza del principio de Arquímedes (N2): en este núcleo temático se clasificaron los artículos que utilizan simulaciones computacionales

para explicar el principio de Arquímedes, para analizar la aceptación o rechazo que se tiene para trabajar con este tipo de *software*.

Estrategias didácticas utilizadas para la enseñanza del principio de Arquímedes (N3): en este núcleo temático se ubicaron los artículos que presentaban una propuesta didáctica con una metodología particular, con el fin de analizar las tendencias metodológicas de los maestros para enseñar el principio de flotación.

Simulaciones computacionales como representación de modelos conceptuales (N4): con este núcleo temático se pretendía conocer artículos publicados que integren la enseñanza del principio de Arquímedes con simulaciones computacionales y la teoría de los modelos mentales.

## **7.2. DESARROLLO DE LA REVISIÓN**

Con base en el protocolo de búsqueda, se procedió a realizar la revisión y selección de los artículos en las revistas seleccionadas, registrando y sintetizando los resultados en fichas bibliográficas (ver anexo 1.). En las fichas bibliográficas se registró la siguiente información: datos bibliográficos, autores, objetivos, metodología, resultados, recomendaciones, entre otros, que sirvieron de base para el posterior análisis. En esta etapa, después de seleccionados los artículos, se procedió a clasificar cada ficha, de acuerdo a los núcleos temáticos descritos anteriormente.

## **7.3. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS**

En total, se encontraron 15 artículos relacionados con la temática del principio de Arquímedes en 7 revistas de las 44 seleccionadas, esto corresponde al 3.08% del total de las revistas. La figura 1. muestra el número de artículos encontrados por revista.

Gráfica 1. N° de artículos



Al realizar la clasificación de los artículos seleccionados, se encontró que algunos de ellos encajaban en dos núcleos temáticos, puesto que aportaban elementos importantes para cada uno de los núcleos en los que fueron clasificados.

De acuerdo con la figura 2. se observa que el núcleo en el que más se ubicaron artículos fue en el de Concepciones de las estudiantes en relación con el principio de Arquímedes (N1); por el contrario, en el núcleo temático de Simulaciones computacionales como representación de modelos conceptuales (N4), no se encontró artículo. Esto hace que nuestro trabajo tome relevancia en cuanto a las investigaciones en la enseñanza de la ciencia, puesto que puede aportar elementos que no se habían considerado hasta el momento.

Gráfica 2. N° de artículos



**7.3.1. Resultados por núcleo temático.** A continuación se detallan los artículos seleccionados, de acuerdo con cada núcleo temático y el aporte que hace al presente trabajo de investigación.

**7.3.1.1. Concepciones de las estudiantes en relación con el principio de Arquímedes.** Aunque son pocos los artículos encontrados para este eje temático, estos aportan elementos importantes sobre las concepciones o modelos explicativos que construyen los estudiantes sobre el principio de Arquímedes, los cuales se analizarán a continuación, a la luz de la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird.

En la tabla 1. se resumen las concepciones de los estudiantes relativas a las condiciones de flotabilidad, la fuerza de empuje y posibles factores que afianzan dichas concepciones (Maturano & otros, 2009, 2005, 2006; Barral, F. M., 1990; Bullejos & Sampedro, 1999; García-Carmona, 2009). De igual manera se presentan las dificultades procedimentales, que si bien no se habían tenido en cuenta cuando se planteó el núcleo temático, se consideran relevantes para comprender las representaciones que los estudiantes tienen con respecto al fenómeno de flotación; estas dificultades son abordadas por algunos autores sin considerarlas explícitamente, mientras que Maturano y otros (2005), hacen una descripción detallada de las mismas.

**Tabla 1. Concepciones de los estudiantes, relativas a las condiciones de flotabilidad, la fuerza de empuje y posibles factores que afianzan dichas concepciones (Maturano & otros, 2009, 2005, 2006; Barral, F. M., 1990; Bullejos & Sampedro, 1999; García-Carmona, 2009).**

ASPECTOS SOBRE	CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES	POSIBLES CAUSAS
----------------	---------------------------------	-----------------

FLOTACIÓN		
CONDICIONES DE FLOTABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso del objeto</li> <li>• Forma, simetría y material del objeto</li> <li>• Masa y volumen del objeto</li> <li>• Volumen del fluido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se comprende el concepto de densidad, confundiéndolo en ocasiones con la masa.</li> <li>• Ideas arraigadas desde la experiencia.</li> </ul>
FUERZA DE EMPUJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos alumnos creen que al estar el cuerpo flotando en equilibrio, no hay fuerzas actuando sobre él.</li> <li>• No se relaciona la fuerza de empuje con la densidad del fluido.</li> <li>• Confusión entre fuerza y presión.</li> <li>• El empuje depende del peso y de la profundidad del objeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala comprensión del concepto de flotación, debido al lenguaje de los libros y del docente.</li> <li>• Se le otorga un papel pasivo al objeto que flota, al fluido o a ambos.</li> <li>• Los libros de texto realizan diagramas de fuerzas de manera imprecisa.</li> </ul>
DIFICULTADES PROCEIMENTALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultades en emitir hipótesis e inferir elementos nuevos.</li> <li>• Dificultades en la relación de variables.</li> <li>• Dificultades en resolver problemas abiertos.</li> <li>• Dificultades en realizar generalizaciones y redactar conclusiones.</li> <li>• Mala utilización de las fuentes de información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje memorístico sin un aprendizaje significativo.</li> <li>• Enseñanza tradicional, donde se concibe la ciencia como un conocimiento acabado.</li> </ul>

Para el análisis de la información anterior, desde la perspectiva de los modelos mentales de Johnson-Laird, es importante tener en cuenta que los modelos mentales se construyen, principalmente, a partir de la percepción de cada sujeto; sin embargo, también se pueden construir a través del discurso (Moreira, Greca & Palmeiro, 2002). Por ejemplo, en el caso de la dificultad en la comprensión del concepto de flotación, se puede dar debido a la utilización de la palabra “sobre”. Utilizamos esta expresión para referirnos a que un objeto reposa encima de otro objeto: “el libro está sobre la mesa”. Al respecto, Barral (1990) plantea el caso en el que un estudiante argumenta que un objeto flota “sobre” el fluido cuando no hay fracción del cuerpo sumergido, mediante la siguiente afirmación: «Permanece encima, el otro día tiré un pedazo al agua y se quedó encima» (p.247). Esta percepción acompañada con la expresión “el cuerpo flota sobre el fluido”, muy difundida por libros de texto y profesores, son posibles causas de arraigar esta concepción en los estudiantes.

Por otro lado, según los principios de la teoría de los modelos mentales descritos en el marco teórico, los modelos mentales son particulares y no pueden representar un dominio infinito de estados de un mismo objeto o fenómeno (Johnson-Laird, 1983); por tanto, cuando el estudiante llega al aula de clase, ya ha tenido la experiencia de que una roca se hundiría en un estanque o en un riachuelo y que un trozo de madera quedará flotando en el agua. De esta experiencia podrá generalizar afirmando que los objetos pesados se hundirán en un fluido y que los livianos flotarán; o que los objetos grandes se hundirán y que los pequeños flotarán (Barral, Op.Cit).Esto sería una posible causa de las concepciones percibidas.

Ahora bien, en cuanto a la concepción de la existencia de la fuerza de empuje, de acuerdo con los artículos anteriores y con base en estudios como el de Mora & Herrera (2009), donde se analiza las concepciones del concepto de fuerza, se ha encontrado que presenta dificultades en la comprensión, puesto que en muchas ocasiones escapa de la percepción de los sentidos; por lo que, en términos de la teoría de los Modelos Mentales, no hay claras representaciones del concepto de fuerza. Mora & Herrera, citando otro estudio realizado por Halloun y Hestenes (1985), encontraron que los estudiantes sostenían que los objetos inanimados no podían ser agentes de una fuerza, sólo actuaban como barreras

para “frenar el movimiento”. De igual manera, en concordancia con Barral (Op. Cit), observaron que los estudiantes consideraban el equilibrio como la ausencia de fuerzas actuando sobre el objeto.

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que, para comprender el fenómeno de flotación, se necesitaría construir un modelo para entender el concepto de densidad; otro modelo para la representación de las fuerzas que actúan sobre el objeto y por último, un modelo que represente la parte sumergida del cuerpo que flota; pero como “los modelos mentales se construyen a partir de elementos básicos organizados en una cierta estructura” (Moreira, et al, Op. Cit, p.44), al combinar estas estructuras, a su vez forman el modelo que explicaría el concepto de flotación; sin embargo, la habilidad de poner a funcionar los modelos juega un papel importante para la comprensión del fenómeno y la capacidad de llegar a nuevas conclusiones al ponerlos en funcionamiento (Op.Cit); es decir, no sólo es importante la construcción de modelos, sino también la capacidad de operar con ellos. Es por esto que se presentan algunas dificultades al dar un papel pasivo, tanto al objeto, como al fluido en el cual está sumergido. De aquí la importancia de abordar los contenidos procedimentales (Maturana, Op.Cit), donde se evidencian las dificultades para solucionar problemas en cuanto a procedimientos utilizados. Moreira & Greca (1998) dan importancia a este aspecto al afirmar que los estudiantes se limitan a memorizar conceptos que no entienden, por lo que es importante que el docente enseñe las reglas de modelaje en ciencias, siendo éste entendido como el conjunto de pasos a seguir para identificar los principales elementos y sus relaciones, en un sistema.

Del análisis anterior, si bien los estudios que se han encontrado dieron su aporte a el presente trabajo de investigación, surge la necesidad de enseñar el concepto de tal manera que promueva la construcción de los modelos mentales mencionados, compatibles con el modelo conceptual de la flotación, y que brinde la posibilidad a los estudiantes de construirlos dinámicamente y correlacionados; siendo este uno de los propósitos fundamentales de la presente investigación.

**7.3.1.2. *La simulación computacional en la enseñanza del principio de Arquímedes.*** En este núcleo temático sólo se halló un artículo; sin embargo, a pesar de que es una propuesta de trabajo que no ha sido implementada, aporta elementos importantes de reflexión para la práctica docente y la utilización de herramientas computacionales para posibilitar la construcción y reconstrucción de los modelos mentales en los estudiantes. De igual manera le da la importancia que juega el papel del profesor en el proceso de aprendizaje, puesto que la herramienta por sí misma no dice nada; es el sujeto encargado de la enseñanza quien le da sentido a la herramienta y el contenido conceptual que representa.

En este artículo Kofman (2002) cita a Martínez y otros (2002), quién en concordancia con Jonassen (1996), apoya la utilización de herramientas computacionales al considerarlas como herramientas cognitivas y adquieren una función significativa en la construcción del conocimiento a través de una actividad colaborativa con dicha herramienta y la interacción con los demás. Por lo que apoyó al presente trabajo de investigación en la tarea de encontrar y analizar las posibilidades que ofrece la utilización de las herramientas computacionales, en la enseñanza de la ciencia.

No obstante, la escasa bibliografía sobre este eje temático, nos brinda información sobre la necesidad de seguir investigando en este campo y aportar a la enseñanza de la ciencia.

### **7.3.1.3. Estrategias didácticas utilizadas para la enseñanza del principio de**

*Arquímedes.* Mediante los artículos hallados, hay una tendencia a la utilización de una metodología de enseñanza basada en la resolución de problemas y la implementación de actividades experimentales (Maturano, Op.Cit; Daniel & otros, 2011; García-Carmona, Op.Cit; Slisko, Corona & Meléndez, 2007; Zamora & Káiser, 2011). Esto nos sugiere que la actividad experimental sigue jugando un papel importante para la enseñanza de las ciencias, puesto que presenta los fenómenos como sistemas dinámicos y no como entidades estáticas dibujadas en el tablero. Sin embargo, Maturano & otros (Op.Cit) resaltan algunos aspectos para tener en cuenta desde la enseñanza, para no caer en una simple actividad experimental que no trasciende en las estructuras cognitivas de los estudiantes; estos aspectos son, entre otros: presentar situaciones abiertas dentro de la posibilidad de los estudiantes; despertar el interés por desarrollar las actividades propuestas, promoviendo las implicaciones y usos en la vida cotidiana; fomentar el análisis cualitativo para la comprensión del fenómeno; fortalecer la formulación de hipótesis y fomentar la dimensión colectiva del trabajo científico.

Pese a las posibilidades que ofrece la actividad experimental, existen algunas dificultades que vale la pena describir:

- En primer lugar existen conceptos que no resultan ser accesibles a la experimentación (Kofman, De Greff & Otros, 2011), ya sea por el alto costo de los instrumentos o por el contenido abstracto del concepto (como por ejemplo el concepto de densidad, o muchos de los conceptos de la física moderna).
- En segundo lugar, muchas actividades de laboratorio pueden ser tan complicadas por la utilización de los aparatos, que los estudiantes además de construir modelos mentales para entender el concepto, debe construir un modelo mental sobre el funcionamiento de los dispositivos (Moreira, Greca & Palmeiro, 2002).
- Por último, muchos datos obtenidos en el laboratorio pueden resultar ser muy imprecisos, debido al error en la medida, por lo que los resultados pueden hacer que los estudiantes puedan perder la credibilidad del concepto enseñado y no les sea funcional lo que se les plantea.

De lo anterior, sería necesaria la incorporación de herramientas alternativas que apoyen y amplíen las actividades de experimentación en el laboratorio (Kofman, 2001).

En este sentido, con base en los resultados obtenidos y de acuerdo al análisis anterior, se hace necesario un escenario de reflexión para la construcción de propuestas didácticas que apoyen las actividades de laboratorio, pero donde esté presente la cuestión de los modelos mentales, de los modelos conceptuales y el modelaje (Moreira, et al, Op.Cit).

**7.3.1.4. Simulaciones computacionales como representación de modelos conceptuales.** Como se mencionó antes, en este núcleo temático no se encontraron artículos que abordaran el principio de Arquímedes con la utilización de herramientas computacionales. Lo anterior, lejos de ser un resultado negativo para el progreso de la presente investigación, por el contrario, sugiere la implementación de procesos de enseñanza que promuevan, como lo establece Jonassen (Op.Cit), herramientas que actúen como socios cognitivos que favorezcan la construcción y evolución de las estructuras mentales.

#### **7.4. REFLEXIONES FINALES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA**

Las conclusiones que se presentan a continuación, se construyeron a partir de la relación de los análisis anteriores sobre los resultados de cada núcleo temático y comparado con el marco teórico, sobre la teoría de los modelos mentales y la utilización de las herramientas cognitivas (*mindtools*)

- Sin duda, un aspecto de gran relevancia en la información de los resultados obtenidos, es la tendencia de los investigadores a brindar importancia a las ideas previas de los estudiantes, puesto que, teniendo en cuenta estas ideas, es donde podemos escoger los métodos de enseñanza potencialmente significativos para proporcionarles nuevas perspectivas que sean más fructífera que sus ideas anteriores (Barral, Op.Cit). En este sentido, se puede inferir que mengua la idea de que los estudiantes son sujetos pasivos que llegan al aula como un vaso vacío que hay que llenar y, en lugar de ello, los resultados demuestran que aumenta el número de investigadores que promueven la idea de que los estudiantes son sujetos activos constructores de conocimiento (Moreira et al,

Op.Cit), por lo que se hace necesario diseñar estrategias que contengan instrumentos que ayuden a identificar las ideas previas sobre el sistema físico a estudiar.

- Sin embargo, es importante aclarar la diferencia que hace Moreira et al sobre modelos mentales y concepciones alternativas. Los primeros son constructos para “...explicar, describir y prever, con el único compromiso de ser funcional para su constructor” (p.52), mientras que las concepciones alternativas son considerados como modelos con “estabilidad cognitiva”; es decir, modelos que han sido guardados en la memoria de largo plazo y son traídos a la memoria de trabajo para realizar previsiones sobre un sistema físico; es por esto que tales ideas son tan difíciles de modificar. Muchos de estos textos hablan de la necesidad de generar un cambio conceptual en los estudiantes, a través de metodologías que produzcan un conflicto cognitivo; pero como plantea Moreira (Op.Cit), ese cambio conceptual debe ser entendido como una evolución conceptual, no como una erradicación total de tales ideas.
- Es por esto que las nuevas investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias deben promover la identificación y caracterización de los modelos mentales y la implementación de estrategias que posibiliten la construcción y evolución de las representaciones sobre los sistemas físicos que sean compatibles a los modelos mentales. Si bien los laboratorios físicos han sido y seguirán siendo importantes para la enseñanza de las ciencias, se deben apoyar con otras herramientas que complementen el proceso de construcción de esas representaciones de los objetos del mundo.
- A pesar de que no se encontraron artículos sobre la utilización de simulaciones computacionales en la enseñanza del principio de Arquímedes, otros artículos que han implementado estrategias con esta herramienta en otros temas, contextos y campos de conocimiento, dan cuenta de las potencialidades en el aprendizaje (Costa & Pinto, 2012; Figueira, 2005; Dornieles & otros, 2006; Ribeiros & otros; 2012; Peranzoni, 2009; Amaya, 2007); sin embargo, no han sido abordadas desde la teoría de los modelos mentales. Quedan pendientes los resultados de la presente investigación para analizar las posibilidades de esta integración.

## **8. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA**

En este capítulo se describirá el proceso y los instrumentos de recogida de datos, así como los sujetos investigados y el contexto en el cual se llevó a cabo la investigación. Hemos utilizado una investigación cualitativa, por lo que los instrumentos y técnicas utilizadas se corresponden con este tipo de investigación.

### **8.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Debido a que los modelos mentales son representaciones internas que dependen de las vivencias de quien las construye, no sería correcto abordar la investigación con una metodología cuantitativa, dada la imposibilidad de emitir juicios generales sobre el proceso de construcción de modelos. Es por esto que el estudio de la evolución de los modelos mentales se aborda en este trabajo desde una metodología cualitativa, con un estudio de caso colectivo; cualitativa al ser el investigador quien está inmerso en el contexto que desea interpretar, por lo que es este quien le da el significado a los resultados de la investigación (Cabrera 2005); y estudio de caso, puesto que lo que se pretendió fue analizar la globalidad de los casos particulares (Stake, 1998). Además, como lo plantea Alves-Mazotti (2006), los científicos admiten que no hay un conocimiento enteramente subjetivo, puesto que las creencias de los investigadores intervienen en la manera de analizar los datos; en este caso la única objetividad resulta de la crítica y discusión de los resultados en la comunidad científica. Bajo esta misma perspectiva, Moreira (1999) afirma que la cuestión central de la investigación cualitativa es los significados que las personas atribuyen a los eventos u objetos y sus interacciones en un contexto determinado, por lo que el investigador en ciencias se pregunta continuamente lo que ocurre en el aula y como se comparan esos eventos en otros contextos.

Por lo tanto, esta metodología nos lleva a no emitir hipótesis sobre los resultados esperados, sino que podemos indagar, cualitativamente, la evolución de los modelos mentales en las estudiantes sobre los resultados obtenidos durante el proceso de investigación e implementación; es por esto que, en consonancia con Stake, no es nuestro objetivo determinar los casos para compararlos unos con otros, sino para conocer bien cada uno de ellos y realizar la comparación con el mismo caso para valorar su evolución

**8.1.1. Descripción del contexto.** Este trabajo de investigación se realizó en el colegio Palermo de San José, ubicado en la zona rosa del poblado de la ciudad de Medellín, Antioquia. Una institución católica, de carácter privado, que atiende estudiantes de estratos 3, 4,5 y 6. El trabajo de campo se implementó en un grupo del grado décimo, que estaba constituido por 30 estudiantes; 9 de las cuales fueron elegidas como casos de análisis relevantes para la presente investigación.

**8.1.2. Criterios de selección de los casos.** El principal criterio de elección de los casos fue el rendimiento académico de las estudiantes, eligiendo tres estudiantes con buen rendimiento académico, tres con rendimiento académico medio y tres con bajo rendimiento, para realizar el análisis sobre un grupo equilibrado, atendiendo a la afirmación de Stake que dice que “el equilibrio y la variedad son importantes; las oportunidades de aprendizaje son de máxima importancia” (Stake, 1998). La elección se hace con la ayuda del profesor de física de la institución quien ha logrado un mayor conocimiento de los comportamientos, actitudes y desempeño académico de las estudiantes en la asignatura de física; además, se realiza un diagnóstico que proporciona información sobre los conocimientos previos de las estudiantes sobre el tema específico (el principio de Arquímedes) para brindar más elementos en la elección de los casos. Por último, se tiene en cuenta la actitud y la disposición de las estudiantes para participar en el proceso de investigación.

**8.1.3. Instrumentos y técnicas de recolección de la información.** A continuación se presentan los diferentes instrumentos y técnicas de recolección de datos, que sirvieron para analizar las representaciones que las estudiantes tenían antes de la implementación de la estrategia didáctica y aquellas que iban construyendo a medida que se les presentaba las simulaciones computacionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta, como lo plantea McCracken (1988), citado por (Sandoval, C, 1996), que “en la investigación de corte cualitativo, la persona que adelanta el proceso correspondiente funciona u opera ella misma, como el principal instrumento para la recolección y análisis de datos” (p. 133).

**8.1.3.1. Observación.** la importancia de la observación, incluso en la fase preliminar de ésta, radica en que “...el investigador busca ubicarse dentro de la realidad sociocultural que pretende estudiar” (Op.Cit, p. 139), es por esto que, además de utilizar la observación no participante, para ubicar a los investigadores en el contexto social, se utilizó la observación participante durante el proceso de implementación de la propuesta didáctica con el fin de describir y analizar los acontecimientos rutinarios sobre problemas de aprendizaje, actitudes frente a la ciencia, interacciones y reacciones usuales entre los sujetos involucrados en el proceso de investigación (op.Cit).

**8.1.3.2. Diarios de campo.** La observación descrita anteriormente, se apoyó en el diario de campo para registrar las impresiones recibidas. Cada investigador fue anotando sus observaciones puesto que allí quedan plasmados no sólo los procesos reflexivos, de interpretación, análisis o síntesis, sino también los relativos a la composición, la argumentación, la capacidad de contextualizar, de diferenciar aquello que se sabe, de lo que aún está por aprehenderse y sobre todo, los estados emotivos del alma que se manifiestan inclusive en los trazos fuertes y claros o en los escuálidos y rastreros garabatos (Alzate, pág. 13, citado por Alzate & Sierra).

Para Porlán& Martín (1991) el diario de campo es una guía que favorece la toma de conciencia del profesor sobre la evolución de sus concepciones, a partir de sus modelos de referencia. Sin embargo, se tuvo muy en cuenta el no caer en el error de homogenizar y tener apreciaciones preconcebidas que pudieran desorientar los objetivos de la investigación y la verdadera naturaleza de los acontecimientos presentados en cada una de las intervenciones. Para superar esta dificultad, como lo aconsejan Porlán& Martín, se sometieron a lectura y discusión los diarios de campo de cada investigador para una construcción conjunta de los significados.

Siguiendo a Porlán& Martín, es necesario contrastar, no solo las perspectivas de los investigadores, sino también que se deben contrastar con las apreciaciones de los estudiantes, ya que muchas veces nuestras expectativas no coinciden con las expectativas de ellos; es por esto que las estudiantes participantes en la investigación

llevaron el registro de las actividades de clase y sus impresiones en un diario de campo. Este instrumento fue de mucha ayuda para analizar la aceptación de las actividades y las dificultades que se presentaron en la comprensión de los conceptos o en el funcionamiento del software.

**8.1.3.3. *Programas computacionales de animación y simulación.*** La implementación de las herramientas computacionales permitió identificar las representaciones que construyeron las estudiantes. Para esto, se utilizó el programa de animación PowerPoint, el cual es una herramienta de fácil acceso y utilización. Con esta herramienta las estudiantes construyeron diferentes animaciones donde pudieron exteriorizar las representaciones que tienen sobre el fenómeno de flotación. También fueron utilizadas algunas simulaciones computacionales, mediante las cuales se presentaron los modelos conceptuales, con el fin de que contribuyeran en la construcción, cambio o evolución de los modelos de las estudiantes.

**8.1.3.4. *Entrevistas.*** La entrevista es un instrumento de recolección de información muy utilizado en investigación cualitativa, donde el investigador debe comprender el lenguaje de los participantes y apropiarse del significado que estos le dan al ambiente en el que se desarrollan (Sandoval, C, Op.Cit) Según Grinnell (1997), dentro de cualquier tipo de entrevistas se manejan varios tipos de preguntas: preguntas generales, preguntas para ejemplificar, preguntas de estructura o estructurales y preguntas de contraste. En este trabajo de investigación se realizaron entrevistas semiestructuradas, con preguntas generales donde, como lo menciona Grinnell (Op. Cit.), se indaga por planteamientos globales, para luego particularizar en un aspecto en el que queríamos que las estudiantes centraran su atención. También se hicieron preguntas de contraste donde, se cuestionó por similitudes o diferencias entre las temáticas centrales que se abordaron. Este tipo de preguntas permitieron que las estudiantes, en el mismo instante de la entrevista, revisaran las respuestas dadas y las completaran o corrigieran para dar más claridad en sus apreciaciones. Las entrevistas se realizaron de manera informal, durante el desarrollo de las actividades, es decir, mientras las estudiantes iban trabajando en las actividades, el entrevistador se iba acercando a las estudiantes que se tomaron como casos, para realizarles las preguntas. De esta manera las estudiantes no se sintieron intimidadas ante la entrevista puesto que pudieron responder de manera más natural, como si se tratara de una conversación amena de cualquier tema.

**8.1.4. Instrumentos y procedimientos de análisis de la información.** A continuación se presentan los instrumentos y procedimientos que se utilizaron para el análisis de la información; sin embargo, se debe aclarar que estos procesos no se dan de manera lineal, sino que se presentan de manera simultánea durante todo el proceso de análisis (Bonilla-Castro, E. & Rodríguez, P. 2000)

**8.1.4.1. Categorización de los contenidos.** Aquí se parte de la información ofrecida por los instrumentos de recolección de la información (diarios de campo, observaciones, grabaciones de entrevistas, entre otros) para pasar a clasificarlos y facilitar la comprensión de la realidad allí expresada (Op.Cit). Esa comprensión se da, según Allport (1973), a la medida que entendemos su sistema neuropsíquico; es decir, de acuerdo a nuestro referente teórico, comprendemos sus modelos mentales.

Esta revisión no se puede realizar de manera superficial y con sólo una mirada puesto que cada revisión nos permitió captar elementos que en la anterior habían pasado desapercibidos.

Para la categorización en el presente trabajo se definieron unas categorías y subcategorías apriorísticas, formuladas a partir de los objetivos específico de la investigación y el marco teórico.

En la tabla 2. se presentan las categorías y subcategorías de análisis, tanto las apriorísticas como la emergente, junto con las actividades, instrumentos y técnicas utilizados para la recolección de la información.

Tabla 2. Categorías apriorísticas y emergente

	Categorías	Subcategorías	Actividades e instrumentos
<b>Categorías apriorísticas</b>	Papel de las animaciones en la externalización.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Diario de campo de estudiantes e investigadores.</li> <li>• Entrevista.</li> <li>• Animación 1, 2, 3 y 4.</li> <li>• Foro</li> </ul>
	Evolución de los modelos mentales.	Cambios en las diversas externalizaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Diario de campo de estudiantes e investigadores.</li> <li>• Entrevistas.</li> <li>• Actividad N° 1.</li> <li>• Animaciones 1, 2, 3 y 4.</li> </ul>
		Contrastación entre modelo mental y modelo conceptual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Diario de campo de estudiantes e investigadores.</li> <li>• Entrevistas.</li> <li>• Animaciones 1, 2, 3 y 4.</li> <li>• Simulaciones 1 y 2.</li> </ul>

	Rol de las simulaciones en la representación de modelos conceptuales.	Ventajas de las simulaciones computacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Diario de campo de estudiantes e investigadores.</li> <li>• Entrevistas.</li> <li>• Simulaciones 1 y 2.</li> </ul>
		Limitaciones de las simulaciones computacionales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Diario de campo de estudiantes e investigadores.</li> <li>• Entrevistas.</li> <li>• Simulaciones 1 y 2.</li> </ul>
<b>Categoría emergente</b>	Actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje de conceptos físicos haciendo uso de tecnologías computacionales		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Diario de campo de estudiantes e investigadores.</li> <li>• Entrevistas.</li> </ul>

**8.1.4.2. Codificación.** En este proceso se digitalizó toda la información recogida para facilitar el análisis por categorías, mediante una matriz de doble entrada, donde se descompuso esta información para resaltar expresiones referidas a cada categoría y razonar deductivamente, partiendo de lo particular a lo general.(Op.Cit)

**8.1.4.3. *Análisis de contenido y triangulación.*** Dado que “la inteligencia humana tiene una propensión natural innata a buscar regularidades y la capacidad básica de ordenar las cosas, según sean semejantes o diferentes, de acuerdo con su naturaleza y características”(Martínez, M., 1999).Cada investigador se encargó por separado de realizar su respectivo análisis, contrastando entre las diferentes fuentes de información, para luego emitir sus conclusiones, fundamentándose en el marco teórico, evitando al investigador quedar atrapado en la perspectiva local y perder su punto de vista (Op.Cit).Es por esto que los resultados preliminares se discutieron entre los investigadores, contrastando sus diferentes perspectivas y analizando los puntos de encuentro y las posibles divergencias; teniendo en mente que estas divergencias no siempre invalidan la información, puesto que pueden considerarse como formas alternativas que no se habían planteado (Op. Cit).

Este proceso de triangulación entre fuentes de información y entre investigadores, fue complementado con la triangulación con el marco teórico, donde se analizaron los resultados obtenidos a la luz de la teoría de los modelos mentales.

## **8.2. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

En primer lugar, se realizaron actividades de animación computacional, donde los estudiantes representaron la manera como comprenden la flotación en los cuerpos, mediante la ayuda de la herramienta de *PowerPoint*. De esta manera se pudo hacer un análisis de las representaciones mentales que poseen las estudiantes sobre el principio de Arquímedes y sobre los conceptos fundamentales relacionados con este fenómeno, como fuerza y presión.

Luego, con base en las animaciones realizadas por las estudiantes, se presentaron modelos didácticos, mediante simulaciones computacionales con el fin de favorecer, en cada estudiante, la construcción de modelos mentales cercanos a los modelos conceptuales, y con ellos, poder resolver situaciones problema mediante la modelización donde se evidencie la construcción de dichos modelos mentales.

Por último, las estudiantes realizaron nuevas animaciones para representar los nuevos modelos mentales, si es que hubo modificaciones con el modelo anterior, para luego contrastarlos.

El proceso anterior se realiza en dos ocasiones para analizar la evolución de los modelos mentales. En medio de este proceso se hacen actividades de laboratorio, con la intención de observar las actitudes de las estudiantes con respecto a los laboratorios físicos y virtuales (simulaciones).

Cabe anotar, que dichas actividades se presentan a las estudiantes por medio de un ambiente de aprendizaje virtual, el cual se puede visualizar en el link <http://monicagallegoalvarez.wix.com/flotacion>. Sin embargo, en este trabajo se presentan las actividades y cronograma de las mismas en las siguientes tablas:

En la tabla 3. se muestra la propuesta didáctica, especificando cada una de las actividades que se realizan durante la intervención y sus objetivos.

**Tabla 3. Cronograma de actividades**

SESIÓN	ACTIVIDAD	OBJETIVO
1 90 minutos	Actividad diagnóstica.	Realizar una prueba diagnóstica, donde las estudiantes puedan dar a conocer los conocimientos previos sobre el principio de Arquímedes.
2 Animación N° 1: 45 minutos	Animación N° 1 Relación masa, densidad y volumen en la flotación	Identificar la relación que establecen las estudiantes entre la masa, la densidad y el volumen con la flotación de los cuerpos.

3 90 minutos	Simulación N°1: Relación masa, densidad y volumen en la flotación	Relacionar la masa, el volumen y la densidad en la flotación de los cuerpos.
4 45 minutos	Animación N° 2: Introducción al concepto de flotación	Identificar y caracterizar los modelos mentales iniciales de los estudiantes sobre el principio de Arquímedes.
5 45 minutos	Animación N° 3: Fuerza de empuje	Identificar y caracterizar los modelos mentales iniciales de los estudiantes sobre el principio de Arquímedes.
6 45 minutos	Foro Construcción colectiva.	Posibilitar la evolución y reconstrucción de los modelos mentales mediante la discusión y contrastación de modelos.
7 90 minutos	Simulación N°2: Fuerza de empuje	Desarrollar en el estudiante la capacidad de inferir el posible modelo matemático de la fuerza de empuje, mediante la interacción con la simulación computacional
8 90 minutos	Situación problema	Evaluar los conceptos aprendidos durante el proceso de intervención.
9	Animación N°4	Contrastar los modelos iniciales y finales para analizar los indicios de evolución de los mismos.

45 minutos		
------------	--	--

## **9. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los principales resultados del análisis de la información recolectada en el transcurso de la investigación. El proceso de análisis de datos se elaboró según el esquema propuesto por Miles y Huberman (1994), citados por Rodríguez, Gil & García (1996), quienes definen tres subprocesos (Reducción de datos, Disposición y transformación de la información y Obtención y verificación de conclusiones), los cuales se describen a continuación:

### **9.1. REDUCCIÓN DE DATOS**

Con el fin de develar el significado de los datos cualitativos, se debe comenzar con el fraccionamiento de la información en conjuntos de datos ordenados por temas o categorías conceptuales, las cuales facilitan el proceso de interpretación, mediante la inmersión progresiva en la situación estudiada (Bonilla & Rodríguez, 2000). Es por esto que se definieron tres categorías apriorísticas y sus respectivas subcategorías (tabla 2.), con base en los objetivos de la investigación, y en coherencia con la fundamentación teórica y metodológica de la investigación; dicha categorización determinó en buena medida los criterios para delimitar la información recolectada y orientar el análisis de la misma.

A partir del proceso de análisis de la información, surgió lo que se considera una categoría de análisis emergente denominada actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje de conceptos físicos haciendo uso de tecnologías computacionales. Entra a conformar el sistema de categorías conceptuales debido a que se evidencia en repetidas ocasiones y con alto grado de significatividad en diversos instrumentos de recolección de información.

### **9.2. DISPOSICIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Dado que la información se presenta de manera dispersa, textual y, en apariencia, sin conexión entre variables (Miles & Huberman, Op. Cit), si se quiere llegar a conclusiones a partir de los datos, estos se deben disponer de manera ordenada para su respectivo análisis (Rodríguez et al, Op. Cit); es por esto que, siguiendo el diseño propuesto por Miles & Huberman para realizar el

análisis de la información, se diseñaron matrices de doble entrada, donde se incorporaban breves descripciones codificadas, de acuerdo a las categorías y subcategorías establecidas.

### **9.3. OBTENCIÓN Y VERIFICACIÓN DE CONCLUSIONES**

Como se estableció en el proceso anterior, la elaboración de las matrices ayuda a organizar la información, de tal manera que los investigadores puedan pensar y reflexionar sobre los datos, presentando el resultado de esa reflexión, mediante la relación de los diferentes tópicos y otorgándoles significados para avanzar en la comprensión, explicación y conocimiento de la realidad educativa (Rodríguez, Op.Cit); sin embargo, conscientes de que estas conclusiones no se pueden considerar como definitivas, se llevó a cabo un proceso de triangulación de la información con el fin de otorgarle validez a los resultados de la investigación. De acuerdo con Cisterna (2005), el proceso de triangulación de la información se realizó de la siguiente manera:

- Triangulación entre fuentes de información.
- Triangulación entre los investigadores.
- Triangulación con el marco teórico y la revisión de literatura.

A continuación se presentan los resultados finales del proceso de análisis de la información, donde se describe cada categoría y subcategoría, incorporando en cada una de ellas los resultados para cada caso estudiado.

### **9.3.1. Categoría 1. Papel de las animaciones en la externalización de los modelos mentales.**

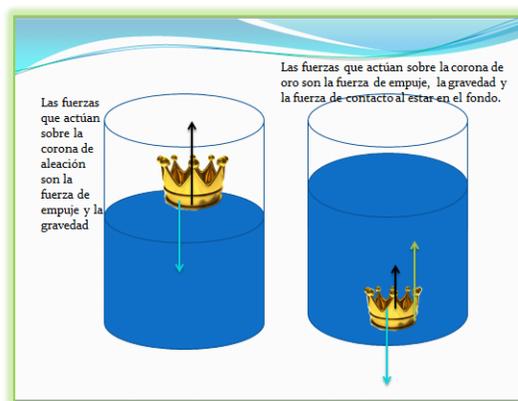
Como se discutió en las reflexiones de la revisión de la literatura, la necesidad de identificar y comprender los modelos mentales de los estudiantes sobre los fenómenos físicos cobra gran importancia para la enseñanza de las ciencias. Al respecto, las reflexiones elaboradas por cada investigador concuerdan en afirmar que la utilización de animaciones computacionales facilitó la manera de caracterizar los modelos mentales de las estudiantes sobre el fenómeno de flotación. Estas animaciones, junto con los escritos que las estudiantes plasmaban en las diapositivas y complementadas con las explicaciones verbales en las entrevistas, daban un panorama de los modelos que utilizaban las estudiantes para representar y explicar el principio de flotación. Las interpretaciones que se elaboraron a partir de los productos que las estudiantes entregaron, fueron consistentes con el marco teórico de la investigación y, de alguna manera estaban en concordancia con los resultados obtenidos en la revisión de la literatura sobre las concepciones de los estudiantes sobre la flotación de los cuerpos.

Se describen a continuación algunas expresiones que las estudiantes, elegidas como casos de interés, manifestaban sobre la utilización de las animaciones computacionales, en sus diarios de campo y entrevistas; así mismo se analiza en sus animaciones, los elementos que utilizaron para realizar cada diapositiva y la manera como relacionan los mismos.

**Estudiante 1.** La estudiante generalmente apoya con explicaciones escritas cada situación representada en la animación, tratando de mantener claridad y ser explícita en sus apreciaciones; lo cual demuestra que para ella las animaciones no solo sirvieron para externalizar su modelo desde una perspectiva icónica, sino que se convirtieron en herramientas que le permitieron expresarse también de manera verbal para explicar el fenómeno. Además, la estudiante hace uso del color en sus presentaciones para simbolizar que una fuerza que actúa sobre un cuerpo es la misma que actúa sobre otro, es decir, la utilización de colores diferentes ayuda para que haga la representación de cada tipo fuerza. Cabe anotar que dichas representaciones le posibilitaron mostrar de manera animada y percibir lo ocurrido en cada fenómeno; es decir, observar cómo se van introduciendo los objetos en el líquido y cómo éste aumenta cuando el objeto está

totalmente sumergido, o para mostrar que un objeto está flotando cuando se mueve o no está completamente inmerso en el fluido. Además, la estudiante utiliza los tamaños de las imágenes para representar la diferencia de volúmenes entre objetos, como lo expresa en una de sus diapositivas “El volumen de la corona de aleación es mayor que el volumen de la corona de oro, ya que la relación entre el volumen y la densidad es inversa lo que quiere decir que la corona con mayor densidad es la de oro”, esto demuestra porqué la estudiantes genera una imagen más grande para la corona de aleación que para la de oro. Todo lo expresado por esta estudiante se puede visualizar en la figura 3.

Gráfica 3. Animación 4 de estudiante 1



**Estudiante 2.** la estudiante utiliza en sus diapositivas colores para diferenciar el material de cada uno de los objetos, por ejemplo, el cubo de madera es café y el de hierro es gris, lo que le ayuda a representar la diversidad de materiales sin necesidad de nombrarlos; y también para diferenciar las fuerzas que actúan sobre los cuerpos sumergidos. Además, en algunas representaciones utiliza las formas tridimensionales, esto ayuda a que la estudiante pueda ver los objetos similares a como son realmente. También, la estudiante utiliza el movimiento para mostrar que a medida que se sumerge un cuerpo en un líquido, éste va aumentando su nivel. Es importante mencionar que ella utiliza diferentes tamaños en los objetos para representar que estos tienen diferente volumen, incluso todo lo anteriormente mencionado se evidencia en la figura 4. Asimismo, en su diario de campo manifiesta que “Hoy en la clase hicimos otra animación... Me pareció interesante porque también debíamos hallarle las fuerzas, pero esta me creo una confusión porque no sé cómo se llama la fuerza que actúa sobre el balón y que lo hace ascender a la superficie”,

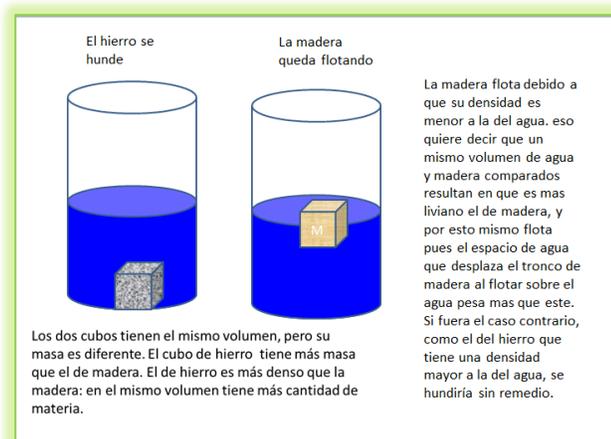
lo que quiere decir que las animaciones le sirvieron a la estudiante para representar las fuerzas que actúan en un cuerpo así no conociera los nombres de las mismas, cabe anotar que para la última animación la estudiante ya sabía los nombres de las fuerzas.

Gráfica 4. Animación 4 de estudiante 2



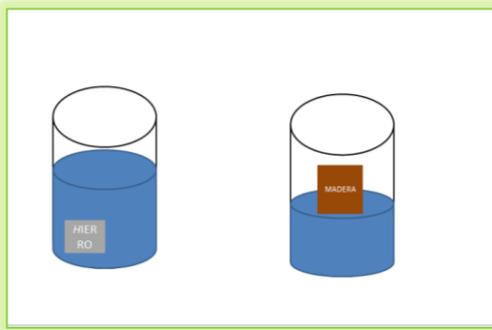
**Estudiante 3.** A pesar de que la estudiante realiza todas las animaciones, se le dificulta expresar con las imágenes y los movimientos de éstas lo que sucede con el fenómeno, por ello acude a la escritura como una forma de explicar paso a paso lo que ocurre, ver figura 5. Para ella el color no juega un papel fundamental en sus representaciones, ya que solo le sirve para mostrar que un material es diferente de otro. En general no se logra extraer información relevante de la estudiante, por ejemplo, su diario no hizo aportes para esta categoría.

Gráfica 5. Animación 1 de estudiante 3

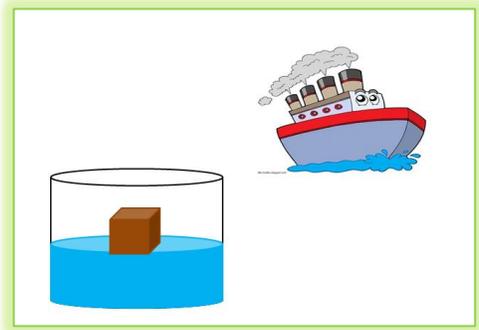


**Estudiante 4.** Las animaciones para esta estudiante fueron útiles para mostrar lo que sucede de manera dinámica, en movimiento; es decir, para mostrar cómo se va sumergiendo un objeto en el líquido y cómo va subiendo el nivel de este. También para utilizar colores que le sirvieron para representar el material de cada objeto y las diversas fuerzas que actúan sobre este; por ejemplo, ella representa la fuerza de empuje de color negro, el peso de color rojo, la madera de color café y el hierro de color gris. Además, la estudiante utiliza el texto para hacer aclaraciones con respecto al material de los objetos y para realizar explicaciones de lo que sucede en los fenómenos, ver figura 6. Para la estudiante también es importante el uso de imágenes concretas que apoyan la explicación de lo que se le pide, por ejemplo, usa la imagen de un barco sobre el agua para explicar en qué momento un objeto está flotando, ver figura 7.

Gráfica 6. Animación 1 de estudiante 4



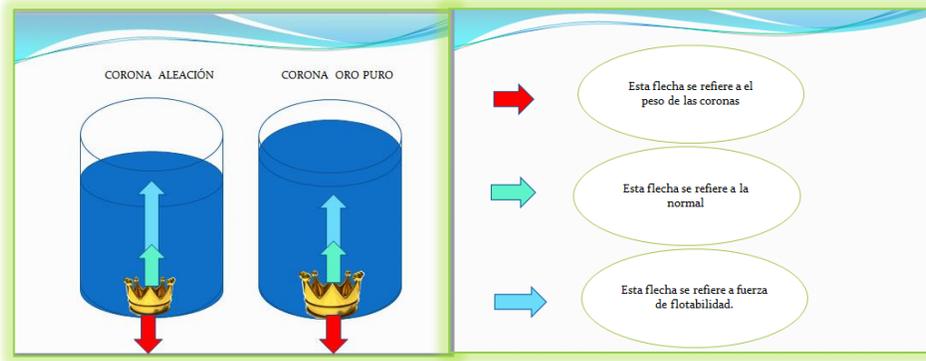
Gráfica 7. Animación 2 de estudiante 4



**Estudiante 5.** Un aspecto muy característico en las animaciones de esta estudiante es la utilización de imágenes tridimensionales para representar los objetos, lo que le permitió visualizar los objetos de una manera similar a como lo son en la realidad y no de forma bidimensional como normalmente se presentan en los libros de texto, en el tablero o en su cuaderno. La estudiante tiene presente la utilización de los colores para representar los tipos de fuerzas que actúan sobre un cuerpo que se sumerge en un líquido y para representar los diversos materiales de los objetos (madera y hierro), permitiéndole hacer una identificación visual de cada uno de los aspectos relevantes en el fenómeno físico; además, hace uso de textos para nombrar las fuerzas y los objetos, tal como se ve en la

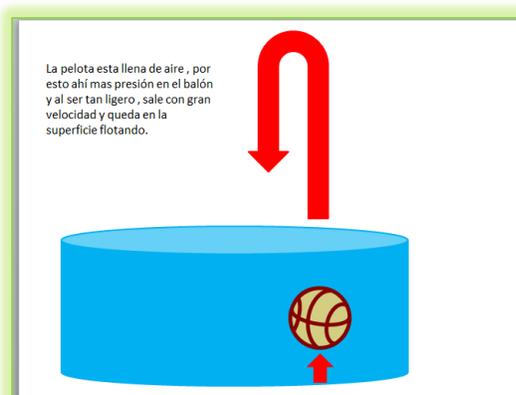
figura 8. Las animaciones le sirvieron para mostrar el movimiento de los objetos cuando se sumergen en el líquido y como éste sube su nivel.

Gráfica 8. Animación 4 de estudiante 5

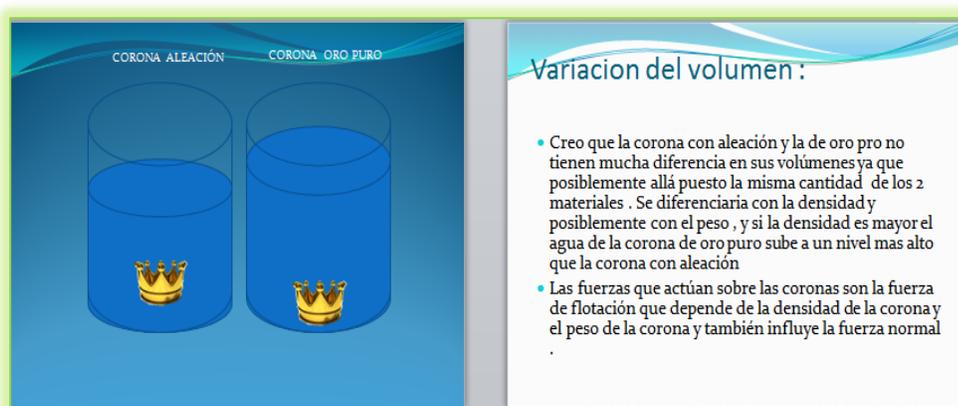


**Estudiante 6.** En las animaciones de la estudiante hay figuras, tanto planas, como tridimensionales y, algunas de ellas con exceso de movimiento; por ejemplo la caída de un cubo, no con una trayectoria rectilínea, sino con una trayectoria en zig zag; sin embargo, este exceso de movimiento que utiliza le sirve para representar el fenómeno lo más parecido a como sucede en realidad, por ejemplo, en la animación en donde se hunde el balón y este sale del líquido, no lo hace quedándose en la superficie inmediatamente, sino que sale hasta el aire y vuelve a caer al líquido; y utiliza flechas que representan la trayectoria del balón, ver figura 9., también hace uso del movimiento para mostrar como sube el nivel del líquido cuando se sumergen los objetos. No obstante, estos movimientos no los utiliza en todas sus animaciones, por ejemplo, en la animaciones N°4, no le dio movimiento a las imágenes, sino que presentó solo una diapositiva con su respectiva explicación en texto, esto demuestra que la estudiante hace uso del texto para explicar el fenómeno cuando no lo puede hacer en movimiento, ver figura 10.

Gráfica 9. Animación 3 de estudiante 6.



Gráfica 10. Animación 4 de estudiante 6



En general, las estudiantes manifestaron que las actividades de animación, mediante el *software Power Point*, les ayudó a explicar lo que ellas pensaban sobre cada situación planteada y ponerlo en práctica en cada discusión y simulación; sin embargo, algunas estudiantes, como en el caso de la estudiante 4, sostenían que la utilización de estas herramientas no tienen tanta validez como los experimentos físicos, donde se puede apreciar el fenómeno como es “realmente”; es por esto que como lo plantea Kofman (2001), los estudiantes deben tener en cuenta que los modelos presentados en la animaciones y las simulaciones son sólo modelos simplificados de la realidad. De igual manera Kofman aconseja complementar este tipo de actividades con algunas prácticas en

el laboratorio, que permitan al estudiante contrastar los resultados de las diferentes actividades.

De las descripciones previas por cada estudiante, se puede afirmar que el papel de las animaciones computacionales fue el de facilitar la representación de los modelos mentales sobre el principio de flotación, puesto que lograron construir cada animación lo más explicativa posible, mediante la utilización de figuras, colores, tamaños y movimiento en los objetos; aunque en algunos casos incorporaron textos para apoyar dichas explicaciones. De igual manera, cada diapositiva de una animación pudo dar información sobre las imágenes que las estudiantes formaron sobre el fenómeno de la flotación, para analizar sus modelos, puesto que, como lo afirma Moreira et al (Op.Cit) las imágenes se pueden rotar y “[...] representan cómo algunas cosas son vistas desde un punto de vista particular” (Johnson-Laird, 1996, p.124) citado por Moreira et al (Op.Cit., p.41); por tanto, analizar las características de las imágenes en las diapositivas, pueden dar evidencias de lo complejas que pueden ser esas imágenes o, si por el contrario, son estáticas planas y parciales; sin embargo es importante aclarar que, dada la imposibilidad de analizar directamente los modelos mentales de las estudiantes, puesto que a lo que tenemos acceso es al modelo expresado (Rosaría, 2006), el análisis realizado es un acercamiento a sus representaciones y no una descripción determinista y cerrada.

Por otro lado, como se evidencio en el análisis de cada una de las estudiantes, no se hizo gran mención a los diarios de campo y a las entrevistas de ellas, debido a que los mismos no aportaron información para esta categoría; sin embargo, de los diarios de campo de los investigadores se concluye que en general las animaciones computacionales les sirven a las estudiantes a expresar lo que tienen en sus mentes sobre los aspectos relacionados con la flotación, sin necesidad de darles grandes explicaciones; además, las animaciones son útiles para visualizar la evolución que van teniendo las estudiantes sobre la temática presentada, es decir, si se van presentando cambios significativos y si se logra un aprendizaje. También fueron útiles para mostrarles a los investigadores el fenómeno físico de una manera dinámica.

### 9.3.2. Categoría 2. Evolución de los modelos mentales.

Conscientes de que hay una gran diferencia entre los modelos mentales, los modelos conceptuales y el fenómeno físico (Moreira & otros, et al, Op. Cit), no fue el propósito de la investigación encontrar representaciones en las estudiantes como copia exacta de los modelos conceptuales, sino develar los indicios de evolución, donde estas representaciones puedan acercarse al modelo aceptado por la comunidad científica. Es por esto que nuestro interés se enfocó en analizar no sólo los elementos que las estudiantes escogían en sus representaciones, sino también las relaciones entre esos elementos que dieran cuenta de procesos de análisis y comprensión del sistema físico y no que fuesen solo copias de las simulaciones y las explicaciones presentadas. No obstante, es importante tener en cuenta lo expresado por Moreira, Rodríguez & Marrero (2001) al afirmar que “[...] no nos podemos meter en los cerebros de esos individuos, no podemos saber cómo funcionan sus mentes, sino solamente intentar plantear algunas explicaciones sobre cómo puede ser eso posible; no se trata más que de una aproximación” (p.251); por lo que, en lo posible, toda interpretación se realizó con el soporte del marco teórico y los resultados de las reflexiones en la revisión de la literatura, para evitar simples conjeturas.

Como se especificó en la tabla 2., esta categoría se dividió en dos subcategorías para facilitar el análisis de la evolución de los modelos mentales: por un lado se analizan los cambios en las diferentes externalizaciones de las estudiantes en las animaciones, y por otro lado se contrastan esas representaciones con el modelo conceptual.

En la revisión de la literatura se concluyó que para comprender el principio de flotación, era necesario, construir tres características para comprender el principio de flotación: una característica para entender el concepto de densidad; otra característica para la representación de las fuerzas que actúan sobre el objeto y por último, una característica que represente la parte sumergida del cuerpo que flota; además, se afirmó igualmente que era necesaria la habilidad de poner a funcionar estas características para poder llegar a nuevas conclusiones y relaciones. Estas consideraciones fueron consistentes con los resultados obtenidos en las animaciones iniciales que las estudiantes construyeron, puesto que se notaron algunas dificultades en los aspectos descritos. Es por esto que para analizar la evolución de los modelos mentales y contrastación entre el modelo mental y el modelo

conceptual sobre el principio de flotación, es necesario describir una tipología de las características, que permitan el estudio de esa posible evolución. Estas características se determinaron de la siguiente manera:

- **Característica 1:** dificultad en la comprensión de la relación masa-densidad-volumen. Las estudiantes realizan los objetos sin proporción entre estas cantidades descritas; por ejemplo la proporción entre los bloques de igual masa, pero diferente material.
- **Característica 2:** dificultad en la identificación y representación de las fuerzas que actúan sobre el objeto que está sumergido en el fluido. No ubican las fuerzas correctamente, cuando realizan el diagrama de cuerpo libre e identifican fuerzas confundiendo con la presión, o no comprenden qué tipo de fuerzas actúan sobre el objeto.
- **Característica 3:** papel estático en el objeto sumergido y/o en el fluido en el cual se sumerge. No se considera que hay un volumen del fluido desplazado por el objeto que se encuentra en el recipiente. consideran que un objeto flota cuando está “sobre” el fluido. Bosquejan de manera incorrecta la fracción sumergida del cuerpo.

De acuerdo a la anterior tipología, se presenta en la tabla 4., cómo evolucionan estas características a medida que las estudiantes exteriorizan sus representaciones, mediante las animaciones computacionales. Para el estudio de la evolución se analiza cada animación y, de acuerdo a las características presentadas anteriormente, se colocará el número correspondiente a cada una de ellas; la ausencia de estos números indicará que hay una mejor representación y, por lo tanto que hubo una evolución en cuanto a las representaciones anteriores de cada estudiante.

**Tabla 4. Evolución de los modelos mentales**

ESTUDIANTE	ANIMACIÓN 1	ANIMACIÓN 2	ANIMACIÓN 3	FORO	ANIMACIÓN 4
Estudiante 1:	Característica 1	Característica 1	Característica 1	Característica 2	Característica 3

Alicia Flórez	Característica 2 Característica 3	Característica 2 Característica 3	Característica 2	Característica 3	
Estudiante 2: Mariana Franco	Característica 2	Característica 2 Característica 3	Característica 2 Característica 3	Característica 2 Característica 3	
Estudiante 3: Natalia Quiceno	Característica 2 Característica 3	Característica 3	Característica 2 Característica 3	Característica 3	Característica 2 Característica 3
Estudiante 4: Verónica	Característica 1 Característica 2 Característica 3	Característica 1 Característica 2 Característica 3	Característica 1 Característica 2 Característica 3	Característica 2 Característica 3	Característica 3
Estudiante 5: Luisa	Característica 2 Característica 3	Característica 1 Característica 2 Característica 3	Característica 2	Característica 2 Característica 3	Característica 1
Estudiante 6: Estefanía	Característica 2	Característica 1 Característica 2 Característica 3	Característica 1 Característica 2 Característica 3	Característica 2 Característica 3	Característica 3

**9.3.2.1. Subcategoría 2.1. Cambios en las diversas externalizaciones.** Aquí se analizan los posibles cambios que se pudieron haber presentado, al contrastar las diferentes animaciones, con sus respectivas explicaciones, ya sea escritas u orales. Según la tabla 4., se presenta a continuación algunas consideraciones importantes por cada estudiante, con el fin de apoyar los resultados registrados en ella.

**Estudiante 1.** Según la tabla 4. se puede observar que la estudiante en las animaciones 1 y 2 presenta las características 1, 2 y 3, pero a medida que va construyendo las animaciones estas características van variando, presentándose en la animación 3 las características 1 y 2, en el foro las características 2 y 3, y en la animación final (4) solo se presenta la característica 3; lo cual da cuenta de que la estudiante tuvo una evolución al presentar cambios en las diversas representaciones realizadas.

**Estudiante 2.** En el caso de esta estudiante, como se observa en la tabla 4., se ve que la característica 1 está bien clara en ella, pero la característica 2 persiste en la mayoría de las animaciones y la característica 3 en las animaciones 2, 3 y en el foro, esto ocurre debido a que no se tiene claro cuáles son las fuerzas que actúan en el cuerpo que se encuentra en el fluido y le da un papel estático a este último; sin embargo, en la animación 4 realiza una representación más completa con respecto a las demás animaciones, incorporando elementos más complejos y explicativos.

**Estudiante 3.** Esta estudiante construyó las animaciones computacionales que se le propusieron en las sesiones de clase, evidenciándose poca evolución entre una y otra, y por lo tanto en su modelo mental sobre los conceptos básicos del principio de Arquímedes; pues como se ve en la tabla 4., la estudiante en las animaciones 1 ,3 y 4 presenta las características 2 y 3, y en la animación 2 y el foro esta la característica 3. Esto evidencia que la estudiante presenta una intermitencia en la comprensión de algunos conceptos, porque aparecen claros en unas animaciones y en otras no; vale la pena aclarar que la característica 1 está clara para ella, ya que no se presenta en ninguna animación.

**Estudiante 4.** Inicialmente no se presenta una evolución en los modelos mentales de la estudiante, ya que como se muestra en la tabla 4. en las animaciones 1, 2 y 3 se

presentan las tres características, pero en el foro ya no presenta la característica 1 y en la animación final (4) solo se presenta la característica 3, esto demuestra que en las últimas animaciones sí se presenta una evolución en los modelos mentales de la estudiante.

**Estudiante 5.** Como se observa en la tabla 4. en cuanto a la característica 2 solo se presenta evolución para la animación 4, es decir, solo en esta animación no se presenta dicho problema; en cuanto a la característica 3, ésta se presenta en las animaciones 1, 3 y en el foro, y la característica 1 solo está en las animaciones 2 y 4. Se evidencia que la estudiante no presenta una evolución progresiva, sino que es intermitente, debido a que las dificultades aparecen y desaparecen indistintamente en las diversas animaciones.

**Estudiante 6.** Como se evidencia en la tabla 4. la estudiante presenta en la mayoría de las animaciones la característica 2 y 3, teniendo en cuenta que se muestra una evolución importante a partir de la animación 3, donde presenta las tres características, pero en la animación siguiente (foro) aparecen las características 2 y 3, y en la animación final (4) solo la característica; lo que da cuenta de una evolución progresiva en las tres últimas animaciones.

En general, con base en los resultados anteriores, se puede inferir sobre una posible evolución en los modelos de cada estudiante, puesto que, a medida que se presentaban las animaciones, incorporaban elementos que acercaban cada representación al modelo conceptual; es decir, en términos de la tabla 4., desaparecían las características que identifican las dificultades en la comprensión del principio de flotación.

De acuerdo a los datos que arroja la tabla, se muestra una mejor comprensión de la relación masa-densidad-volumen, dado que en las primeras animaciones se presentaba la característica 1, mientras que en las demás animaciones esta característica ya no está presente; aunque en los casos de las estudiantes 2 y 3, no estuvo presente esta característica en ninguna de las animaciones. Según Piaget e Inhelder (1971), citados por Bullejos & Villasán (1990), la distinción y relación entre las propiedades generales de la materia (masa, densidad y volumen), son una conquista al desarrollo intelectual, puesto que una vez diferenciados estos conceptos, se puede distinguir y caracterizar los cuerpos de acuerdo a su densidad y establecer las relaciones de proporcionalidad entre

sus masas y volúmenes. Apoyando lo anterior, se cita como ejemplo la afirmación que aparece en la diapositiva final de la estudiante 1: “El volumen de la corona de aleación es mayor que el volumen de la corona de oro, ya que la relación entre el volumen y la densidad es inversa lo que quiere decir que la corona con mayor densidad es la de oro”. No podríamos decir que fue una simple réplica de una información que se haya dado, puesto que su animación correspondía con la explicación dada.

Por otro lado, la característica que más persistió en las simulaciones fue la 3. Con respecto a este aspecto, Barral (Op.Cit) afirma que “El concepto clave para entender la flotación es sin duda el empuje, y la mayoría de los trabajos que se han realizado hasta el momento sobre las concepciones de los alumnos se centran en estudiar de qué variables creen los alumnos que depende el empuje (masa o peso del cuerpo, volumen, forma, densidad del fluido...)” (p.245). Más aun, las estudiantes no relacionaban la fuerza de empuje con la fracción del volumen del líquido desplazado por el objeto sumergido, puesto que algunas representaban la fuerza ascendente realizada por el fluido sobre el objeto, pero no consideraban la fracción del fluido desplazado.

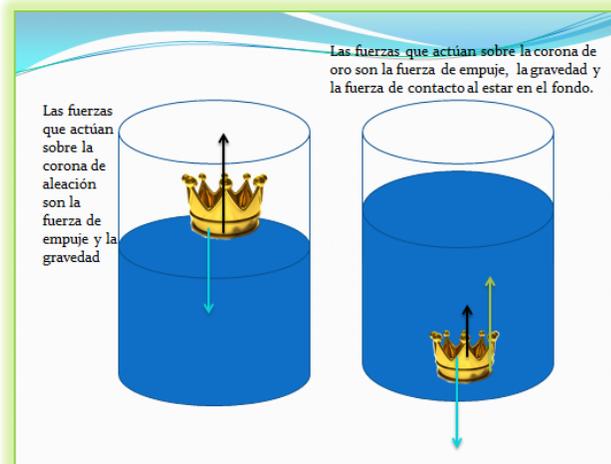
**9.3.2.2. Subcategoría 2.2. Contrastación entre el modelo mental y el modelo conceptual.** En la categoría anterior se realizó la comparación entre las diferentes animaciones, con el fin de analizar la evolución de una representación con respecto a las demás; en esta subcategoría se contrasta la última animación construida por las estudiantes, (por considerarse la más elaborada) con el modelo conceptual del principio de flotación. Este análisis se desarrolló teniendo en cuenta las características descritas en la tabla 4.

A continuación se presenta la reflexión de esta contrastación por cada estudiante, de acuerdo a cada característica mencionada en la tabla 4.

**Estudiante 1.** El modelo mental final representado por la estudiante se asemeja al modelo conceptual, la única característica que no permite que estos dos modelos sean igual, como se evidencia en la tabla 4., es la número tres, ya que al analizar la animación 4 se visualiza que la estudiante representa una situación que no es completamente igual con lo que sucede en realidad (figura 11.), debido a que considera que la flotación se da cuando el objeto está “sobre” el fluido en el cual está sumergido y, por tal motivo,

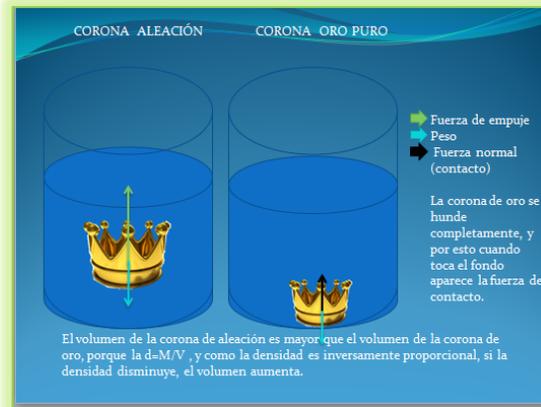
considera un volumen desplazado en la corona de oro, pero no en la corona de la aleación.

Gráfica 11. Animación 4 de estudiante 1



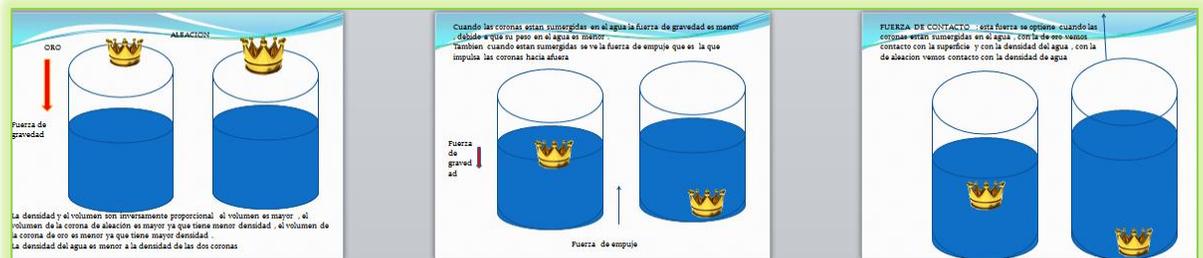
**Estudiante 2.** La estudiante construye animaciones, cuyos modelos se acercan en gran medida al modelo conceptual, ya que como se ve en la tabla 4. en su última animación, representa correctamente las proporciones y relaciones del líquido desplazado cuando se sumergen los objetos y de la representación de los volúmenes de las coronas; además ubica correctamente las fuerzas. Para complementar lo anterior hace una explicación escrita donde justifica su trabajo, como lo muestra la figura 12. Ahora bien, este modelo no es igual al conceptual porque se necesitaría valores numéricos de las densidades para realizar los cálculos correspondientes qué fracción de las coronas se sumergen.

Gráfica 12. Animación 4 de estudiante 2



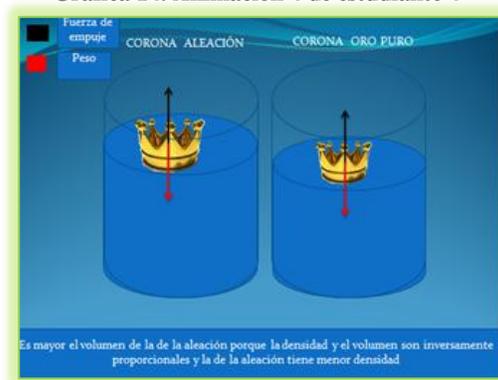
**Estudiante 3.** Según la representación final de la estudiante, se evidencia que su modelo mental está alejado del modelo conceptual; porque, como se ve en la tabla 4. se presentan las características 2 y 3, lo que indica entonces, que la estudiante no ubica correctamente las fuerzas que actúan sobre el cuerpo sumergido, como se evidencia en la gráfica 13. que es una secuencia de las tres últimas diapositivas de la animación 4, donde no aparecen todas las fuerzas que actúan sobre dicho cuerpo en una misma diapositiva, sino que aparecen y desaparecen como si en algunos casos estas fuerzas no estuvieran presentes. También, presenta problemas con la representación del líquido desplazado cuando se sumergen las coronas, pues en algunos casos muestra que el nivel del fluido subió y en otros no.

Gráfica 13. Animación 4 de estudiante 3



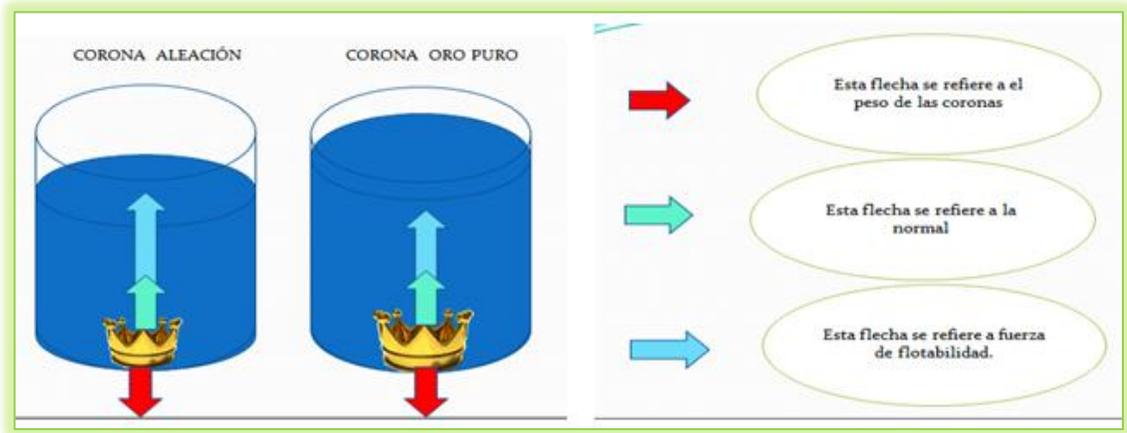
**Estudiante 4.** El modelo mental de la estudiante se asemeja al modelo conceptual, la mayor diferencia está en la característica 3, como se evidencia en la tabla 4., puesto que en algunas situaciones da un papel estático al fluido y en ocasiones a los objetos; en el caso de la animación final, considera que la corona de la aleación desplaza un volumen mayor que la de oro puro, pero representa esta diferencia del nivel del fluido aún sin arrojar las coronas en el recipiente. En este caso también la estudiante considera que un objeto flota cuando permanece “sobre” el fluido. La gráfica 14. apoyan estos resultados.

**Gráfica 14. Animación 4 de estudiante 4**



**Estudiante 5.** El modelo mental de la estudiante se acerca al modelo conceptual, la diferencia está en que presenta la característica 1, como se ve en la tabla 4., porque muestra dificultad en relacionar masa-densidad-volumen, puesto que representa la corona de oro con un volumen mayor que la corona de la aleación, pese a que se les dijo que consideraran la densidad de la corona de oro menor que la densidad de la aleación, teniendo en cuenta que sus masas son iguales (gráfica 15.). Cabe anotar que los demás aspectos (características 2 y 3) están en concordancia con el modelo conceptual, porque se nombran y representan correctamente las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, y se ve que el nivel del líquido desplazado por las coronas es proporcional al tamaño de ellas.

Gráfica 15. Animación 4 de estudiante 5



**Estudiante 6.** Se puede concluir que el modelo mental final de la estudiante es similar al modelo conceptual, gracias a las explicaciones escritas que hace de la representación del fenómeno, ya que visualizarlo desde la animación es difícil porque ésta es una sola diapositiva sin movimiento. De ello y de la tabla 4. se puede extraer que la característica que no permite que el modelo mental sea igual al conceptual es la 3, ya que no se logra apreciar si el nivel del líquido aumenta o no al introducir la corona de oro. Vale la pena mencionar que la característica 2 no es un problema para la estudiante, a pesar de que no se pueden apreciar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo en la representación gráfica (ver gráfica 16.), si se pueden considerar en la explicación escrita que ella hace del fenómeno, diciendo que: “Las fuerzas que actúan sobre las coronas son la fuerza de flotación que depende de la densidad de la corona y el peso de la corona y también influye la fuerza normal”. Además, la característica 1 sí se puede apreciar en la gráfica 16. cuando la estudiante representa la corona de aleación más grande que la de oro.

**Gráfica 16. Animación 4 de estudiante 6**



Con base en lo anterior, y de acuerdo al análisis de cada una de las animaciones, se logró encontrar un avance en las representaciones que construían, puesto que cada vez se acercaban al modelo conceptual de la flotación, sin esperar que fueran copias exactas del modelo conceptual, pero sí que fueran una aproximación a este; incluso los modelos más alejados, como en el caso de la estudiante 3, en la animación final se puede ver un avance en sus representaciones, acercándose un poco más al modelo esperado. No se descarta la posibilidad que plantea Moreira & Greca (1998) de que las estudiantes puedan generar modelos mentales híbridos, parte científicos parte no; o memorizar definiciones, principios, leyes o fórmulas sin entender lo que están expresando. Es por esto que, pensando en esta posibilidad, se trató de que cada problema que las estudiantes debían resolver, considerara los mismos elementos, pero con situaciones diferentes que llevaran a las estudiantes a analizar cada situación.

En síntesis, reuniendo los resultados y las reflexiones al final de las dos subcategorías anteriores, se puede evidenciar una evolución en las representaciones que realizaban las estudiantes, puesto que cada vez incorporaban en ellas nuevos elementos compatibles con el modelo conceptual. La tabla 4. da una evidencia de ello, puesto que muestra indicios de evolución en sus representaciones iniciales, acercándose más al modelo conceptual; sin embargo, los resultados también sugieren que hay que enfatizar en la enseñanza del concepto de fuerza y de la relación causa y efecto entre la densidad de los cuerpos y el volumen del fluido desalojado por dicho objeto, para superar las dificultades halladas en las estudiantes, en el presente trabajo.

### **9.3.3. Categoría 3. Rol de las simulaciones en la representación de modelos conceptuales.**

En esta categoría se muestran los resultados sobre el rol que desempeñaron las simulaciones computacionales, para representar el modelo conceptual y la manera como influyó en las representaciones mentales de las estudiantes. Para este análisis se revisaron las preguntas y situaciones problemas que se presentaron en cada simulación, los diarios de campo, tanto de las estudiantes como de los investigadores y las entrevistas. El análisis de esta categoría se dividió en dos subcategorías: las ventajas de las simulaciones computacionales y las desventajas de las mismas, las cuales se describen a continuación.

**9.3.3.1. Subcategoría 3.1. Ventajas de las simulaciones computacionales** En esta subcategoría se describen y analizan los resultados referidos a las ventajas que ofrecieron las simulaciones para comprender el fenómeno de la flotación. Estas ventajas se considerarán de acuerdo a si facilitó la evolución en los modelos mentales, la manera como representa el modelo conceptual (colores, figuras, movimiento, entre otras), sin desviar la atención de las estudiantes

**Estudiante 1.** A esta estudiante se le pregunta por sus percepciones sobre la interacción con las simulaciones computacionales, a lo que responde que: “es más fácil ver los cambios en el computador porque ahí muestran que si el volumen aumenta efectivamente el volumen aumenta y el cambio que hubo, en cambio uno a simple vista en un vaso o en el lápiz y el papel es más difícil observarlo” además dice que “cuando uno se equivoca en el cuaderno es más difícil hacer la corrección solo se le da reiniciar a la simulación”; dichas apreciaciones se pueden interpretar en el sentido en que a ella las simulaciones computacionales le permitieron visualizar lo que ocurría en el fenómeno físico y que al mismo tiempo le permitió hacerle cambios a las variables e ir viendo inmediatamente dichos cambios. Además, esto facilitó la comprensión del fenómeno, lo cual se evidenció en las respuestas a las preguntas orientadoras de cada simulación, que son claras y correctas. Al respecto, la estudiante manifiesta en su diario de campo que “durante las clases de hoy realizamos una simulación que dejó bastante claros todos los conceptos... la actividad nos puso a pensar, fue muy entretenida y productiva. También

todas las dudas quedaron resueltas”. Este comentario muestra que para la estudiante las simulaciones computacionales no solo fueron agradables en el sentido en que varió la rutina de la clase, sino porque al mismo tiempo aprendió y se cuestionó sobre lo sucedido en el fenómeno.

**Estudiante 2.** Al observar las respuestas dadas a las preguntas orientadoras de las simulaciones computacionales, se puede decir que la mayoría de ellas son correctas, lo que se debe a la interacción con dichas simulaciones, esto se corrobora en una de las entrevistas realizadas a la estudiante, en la que dice que si la actividad hubiera sido en el papel sería “aburrida y más difícil, ya que la simulación es una forma interactiva de aprender, pues el aprender jugando, como dicen es más fácil, y deja mayores conocimientos. Además, en su diario expresa que las simulaciones le sirvieron para “... practicar y aplicar la teoría que habíamos aprendido”, es esta frase se evidencia que las simulaciones son útiles para poner en práctica lo enseñado y para aplicar lo aprendido.

**Estudiante 3.** Después de la interacción de las estudiantes con las simulaciones computacionales, ellas debían responder algunas preguntas; en las que se evidenció que para la estudiante 3 luego de ver el fenómeno físico representado de una manera dinámica desde la simulación, fue sencillo responder las preguntas y comprender lo que allí se mostraba; es decir el porqué de ello. En su diario de campo lo afirma diciendo que “gracias a todas las simulaciones que hemos hecho ya era más fácil para mí responder estas preguntas y notaba más facilidad a entender las preguntas que me hacían”, lo que indica que para ella el interactuar con el fenómeno hizo que fuera más fácil comprender lo ocurrido. También en una entrevista se le indagó por sus apreciaciones al trabajar con la simulación, a lo que respondió que “es mejor trabajar con simulaciones porque se entiende más y es mejor interactuar con los objetos; además, se ve lo que está pasando, mientras que con la fórmula sola es más difícil ver lo que realmente está pasando; es decir, poder manipular los objetos y ver lo que pasa si varía, en este caso, la masa, la densidad, el volumen, si flotan o no, etc.” Esto demuestra que para ella es una ventaja la simulación computacional, ya que en el papel no visualizaría la representación del fenómeno de manera dinámica y lo que sucede si se generan cambios en las variables.

**Estudiante 4.** En este caso, la estudiante 4 expresa en su diario de campo que “las simulaciones computacionales son buenas” pero no menciona si tienen algún beneficio para su aprendizaje; sin embargo, sus respuestas a las preguntas planteadas a partir de la simulación, son en su mayoría correctas, lo que puede dar a entender que estas simulaciones le sirvieron de algún modo en el entendimiento claro de los conceptos en los fenómenos físicos allí mostrados.

**Estudiante 5.** La estudiante manifiesta en una entrevista que las simulaciones computacionales “son buenas porque se cambia de actividad; es decir, se deja la monotonía del tablero, y además, me ayudó mucho ver cuando se movían los objetos y cuando se hundían, lo cual me ayudaba más a entender”. Este comentario muestra que la simulación computacional fue para ella una posibilidad para salir de la rutina en el espacio de conceptualización, pues a veces se hace necesario que los docentes cambien de actividades o metodología de enseñanza, para motivar a sus estudiantes al aprendizaje. Además se evidencia que para ella fue más fácil entender lo que pasaba en el fenómeno físico, ya que visualizaba lo que pasaba con cada variable, viéndolo de manera dinámica. Lo mencionado anteriormente lo sustenta también, sus respuestas a las preguntas que solucionó luego de hacer interacción con las simulaciones, puesto que logra hacer descripciones completas y claras sobre lo que observa en dichas simulaciones; lo cual se puede entender como una virtud de la herramienta, porque le permitió a la estudiante explicar o relatar lo que ocurrió paso a paso en los fenómenos físicos allí mostrados, y por tanto entenderlos mejor.

Vale la pena mencionar que la estudiante en su diario de campo no expresa nada sobre sus percepciones con respecto a las simulaciones computacionales, pues en cuanto a este tipo de actividades solo escribió lo realizado en las sesiones de clase.

**Estudiante 6.** la estudiante manifiesta en las entrevistas que las simulaciones le sirvieron para ver de una manera más dinámica e icónica el fenómeno físico, pues ella expresa que “si hubiera hecho la actividad sin la simulación hubiera sido más difícil, porque en la simulación se puede ver paso a paso lo que sucede cuando se sumerge un objeto al líquido, cuanto liquido se sale, el cambio del peso y es más entendible”, esto demuestra que para ella el hecho de visualizar en imágenes los objetos que actúan sobre

el fenómeno y que estos se presenten de manera dinámica le ayudan para la comprensión de dicho fenómeno.

De acuerdo a las consideraciones anteriores sobre las apreciaciones que las estudiantes expresaron en las entrevistas y en sus diarios de campo, se puede inferir que la implementación de estrategias con simulaciones computacionales, pueden motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias. Al respecto, Kofman (2001) plantea que las simulaciones computacionales “cumple un rol fundamental en el acercamiento de los alumnos a los fenómenos físicos y a su estudio conceptual” (p.2). Las expresiones de las estudiantes que se plasmaron en los párrafos anteriores sobre las posibilidades de las simulaciones, son apoyadas con las reflexiones que los investigadores realizaron al respecto, puesto que allí se manifiesta cómo las estudiantes aclaraban sus dudas con la interacción con cada simulación y con la discusión con sus compañeras y profesores.

**9.3.3.2. Subcategoría 3.2. Limitaciones de las simulaciones computacionales.** Para el análisis del rol de las simulaciones computacionales, se consideró pertinente la reflexión sobre las desventajas o limitaciones que tiene la herramienta, ya sea en la representación del modelo o en su manipulación, para tenerlas en cuenta en futuros trabajos. Para esta reflexión se analizaron las entrevistas y los diarios de campo, tanto de las estudiantes como de los investigadores.

**Estudiante 1.** La estudiante manifiesta en una de las entrevistas que en las simulaciones no puede tomar las medidas que se requieran por sí misma; es decir, manipular con sus propias manos los objetos, sino que este tipo de herramientas presenta esta información, incluso dice puntualmente que “las simulaciones dan demasiada información”, de lo que se entiende que ello le quita la oportunidad de obtener dicha información por sí misma.

**Estudiante 2.** La estudiante no manifiesta limitaciones de las simulaciones, ya que afirma que estas son “... un complemento para los laboratorios físicos, porque las simulaciones son un apoyo para la teoría y los laboratorios para la experimentación”.

**Estudiante 3.** Para la estudiante, según lo manifiesta en la entrevista, las simulaciones no son tan prácticas porque no le permiten interactuar de forma tangible con los objetos que representan el fenómeno, pues ella dice que “las simulaciones no permiten que uno mismo pueda interactuar y encontrar los datos que se piden (calcular información como densidad, masa y volumen)”.

**Estudiante 4.** La estudiante responde en una de las entrevistas que el trabajo con las simulaciones no le permite hacer trabajo práctico, porque en ellas se trata solo de “... copiar y mover cosas en el computador”, esto demuestra que para la estudiante las simulaciones no cubren todas sus necesidades de aprendizaje.

**Estudiante 5.** La estudiante no manifiesta ninguna limitación o desventaja de las simulaciones computacionales, puesto que ella expresa en una de las entrevistas que el trabajo con esta herramienta le permite poner en práctica la teoría que recibe en las clases magistrales

**Estudiante 6.** Cuando la estudiante externalizaba sus modelos mentales mostraba tener claridad en algunos conceptos relacionados con el principio de Arquímedes, sin embargo al interactuar con las simulaciones los investigadores observaron que la ella se confundía y se enredaba al explicar el fenómeno.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el punto en común de las expresiones de algunas estudiantes es la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de la física, puesto que manipular con objetos físicos permite que se genere un mayor dinamismo dentro del aula de clase, sin embargo, como se mencionó en las reflexiones sobre la revisión de la literatura, una de las limitaciones que se presentaba en los experimentos físicos, es la dificultad de trabajar con conceptos que poseen un carácter abstracto; es decir, que escapa de la percepción de los sentidos en los estudiantes. Para subsanar esta dificultad, aquí es donde se debe aprovechar las posibilidades de las simulaciones para suplir dicha limitación por parte de los experimentos físicos.

Con base en las reflexiones anteriores sobre las dos subcategorías, la utilización y combinación de los experimento físicos con las simulaciones computacionales, deben

darse de manera intencional y premeditada, de acuerdo a los requerimientos pedagógicos en la enseñanza del concepto físico a estudiar, para favorecer el aprendizaje de dicho concepto. La idea no es reemplazar los experimentos físicos, por las simulaciones, sino que éstas apoyen y amplíen la actividad experimental, de tal manera que el estudiante pueda inferir sobre cada modelo, analizándolo desde diferentes perspectivas.

#### **9.3.4. Categoría Emergente. Actitudes de las estudiantes frente al trabajo con animaciones y simulaciones computacionales.**

Se consideró relevante incorporar esta categoría, dados los comentarios que se escuchaban mientras realizaban en cada sesión y los que plasmaban en sus diarios de campo que, de alguna manera, influían en su trabajo en cada actividad propuesta. Es por esto que se describen a continuación algunos aspectos que merecen ser mencionados y analizados por cada estudiante en cuanto a esta categoría.

**Estudiante 1.** La estudiante en todo momento demostró una actitud de trabajo en cada actividad propuesta. Sus aportes y participaciones en las discusiones grupales aportaban elementos que enriquecían y dirigían el rumbo de dicha discusión. En sus diarios de campo, aunque cortos, no se limita a plasmar una mera descripción de las actividades, como en el caso de muchas estudiantes, sino que anota las inquietudes que le fueron surgiendo durante cada sesión y las dificultades en cuanto al manejo de la herramienta o de los conceptos mismos de flotación; por ejemplo, en la sesión 6 anota lo siguiente: “No sé bien el nombre de la fuerza que hace que el balón suba a la superficie; entonces me queda duda”

**Estudiante 2.** Al igual que en el caso anterior, esta estudiante también muestra interés por realizar las actividades propuestas y manifiesta su motivación con el trabajo en las animaciones y las simulaciones, como se puede ver en su diario de campo, puesto que, respecto de las animaciones, la estudiante expresa en su diario lo siguiente: “Me parece que esta actividad lúdica permite que llevemos a la “práctica” lo que se discutió en la

clase anterior, haciendo que este conocimiento sea más fácil de diferenciar y de interiorizar”.

**Estudiante 3.** Según información brindada por el docente encargado de dar la asignatura de física, la estudiante no asumía una actitud adecuada ante las actividades de clase; sin embargo, durante la implementación del trabajo de campo de la presente investigación, la estudiante manifestó entusiasmo e interés en realizar las actividades propuestas. Incluso, en las entrevistas se reflejaba este tipo de actitudes e interés por aclarar sus dudas y presentar sus trabajos. En su diario de campo expresa lo siguiente: “Realizamos unas diapositivas en Power Point es una actividad diferente muy creativa...”

**Estudiante 4.** El caso de esta estudiante es muy particular, puesto que, a pesar de que expresa constantemente que la actividad es agradable y buena para el aprendizaje, también manifiesta que prefiere los laboratorios físicos. Al respecto, en su diario expresa: “Hicimos una animación en Power Point del principio de Arquímedes, me parece que fue buena la actividad y creativa pero sigo diciendo que es mejor una clase en la que uno vea que pasa exactamente”. Esta estudiante era la primera en acabar la actividad programada y luego pedía que le diéramos la otra actividad para realizar, cuando no se le daba, para no modificar la secuencia de las actividades, se ponía a jugar con su celular.

**Estudiante 5.** En una entrevista realizada por los investigadores a la estudiante, esta manifiesta que este tipo de actividades son importantes, porque ayudan a comprender bien el tema; al respecto, escribe en su diario lo siguiente: “Me pareció demasiado didáctico y aprendo mejor con estas actividades. Me gusta que hagan cosas así para la clase, ya que es algo creativo y nos ayuda más a entender el tema que estamos viendo” “Me pareció muy didáctico y me encanta que la clase no sea monótona, ya que siento que aprendo más, y me ayuda mucho más que estar sentada viendo a un tablero”. Al respecto de esta estudiante, en las entrevistas, apoyando las expresiones anteriores, mencionaba que para ella le era muy difícil comprender los temas cuando se explican normalmente en clase, pero que se sentía motivada con este tipo de metodología. La estudiante fue elegida como uno de los casos con nivel de rendimiento académico bajo; sin embargo, en sus trabajos se pudo apreciar un avance significativo.

**Estudiante 6.** Igual que en el caso anterior, la estudiante fue elegida como un caso con rendimiento académico bajo. Al principio la estudiante manifestaba apatía hacia las actividades propuestas y algunas dificultades en la utilización de la herramienta; sin embargo, después de que se volvió a familiarizar con ella, expresó lo agradable de estas actividades, mediante las entrevistas, puesto que no escribió al respecto en su diario de campo.

El estudio de las actitudes en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencias han merecido gran importancia en las investigaciones recientes (Porlán, 1999; Gess-Newsome, 1999; Haney y McArthur, 2002; Bryan, 2003; Moreno y Azcárate, 2003), puesto que estas actitudes van ligadas con la frustración debido al poco éxito en el aprendizaje de las ciencias y la aplicación de algunas estrategias inadecuadas de enseñanza pueden afianzar las actitudes típicas de los estudiantes en las tareas de aprendizaje (Hernández & otros, 2011). Es por esto que fue necesario para el presente trabajo de investigación considerar esta subcategoría, para identificar los componentes actitudinales que entorpecen o favorecen el aprendizaje de la temática abordada.

Con base en las consideraciones anteriores, y los resultado obtenidos en esta categoría, el trabajo con las simulaciones y las animaciones computacionales, logró una mejor actitud frente al trabajo en clase y hacia el aprendizaje de los conceptos científicos, con respecto a los métodos tradicionales de enseñanza, al brindar la posibilidad de analizar el fenómeno de la flotación de una manera dinámica, donde cada estudiante tenía la oportunidad de participar activamente en la construcción del conocimiento; sin embargo, apoyar el trabajo de las simulaciones y las animaciones con otro tipo de actividades, como las prácticas de laboratorio físico, permiten que los estudiantes tengan una amplia gama de posibilidades, como el caso de la estudiante 4, en las que puedan analizar el fenómeno desde diferentes perspectivas que le permitan construir sus representaciones sobre los fenómeno del mundo.

## 10. CONCLUSIONES

Ahora se supone, gracias a la teoría de los modelos mentales, que es posible comprender las representaciones que los estudiantes construyen sobre un fenómeno en particular; y que el comprender dichas representaciones nos permite entender mejor los procesos de construcción, evolución y cambio de las mismas, para poder emprender la tarea de facilitar el aprendizaje de los conceptos científicos (Moreira, Greca & Palmeiro, 2002); sin embargo, a lo que podemos llegar, es a un acercamiento de lo que ocurre dentro de la mente de los estudiantes, dada la imposibilidad de analizar estas representaciones directamente (Rosarúa, 2006). La dificultad radica, entonces, en diseñar, por un lado métodos para comprender las representaciones iniciales y por otro lado, los métodos para que estas representaciones puedan organizarse, de tal manera que posibilite su evolución, acercándose más al modelo conceptual construido por los científicos.

Esos procesos de construcción, evolución y cambio de las representaciones, descritos en el párrafo anterior, son procesos que tienen lugar en la cognición humana, por lo que deben ser estudiados con herramientas cognitivas que brinden la oportunidad de exteriorizar y reorganizar el pensamiento (Jonassen, 1996). En este sentido, la importancia del uso del software Power Point, para identificar los modelos de las estudiantes, durante la implementación de la propuesta, radica en que cumple con los requerimientos de las Mindtools, descritos por Jonassen (ibid, p.15), puesto que es de fácil acceso, fácil utilización y sirve para representar el conocimiento de una manera dinámica, al incorporar movimiento, color, formas y tamaños en los objetos utilizados, para facilitar las representaciones mentales, y donde se puede “rodar” el modelo, para realizar predicciones sobre su funcionamiento. Es por esto que el papel de las animaciones computacionales en el trabajo de investigación, fue el de acercarnos un poco a la comprensión de cómo las estudiantes representan el fenómeno de la flotación de los cuerpos, identificando los elementos salientes dentro de cada animación y las posibles evoluciones, al incorporar elementos nuevos, durante el trabajo de campo. No obstante, como lo plantean Moreira & Greca (1997) “[...] parece dudoso poder establecer un “catálogo” cerrado de esos modelos iniciales y de sus posibles modificaciones” (p.117), puesto que, por un lado los resultados obtenidos son interpretaciones por parte de los investigadores que intentan aproximarse a la comprensión de esos modelos y, por otro lado, las externalizaciones de las estudiantes, sean verbales, escritas o por animaciones, no aparecen tal como cada estudiante las representa internamente; sin embargo,

lo que podemos conocer de un modelo mental es lo que se ha denominado el modelo expresado (Rosaría, Op.Cit, p.175), el cual se acerca al modelo mental.

La evolución de estos modelos mentales es posible si se presenta el modelo conceptual con métodos e instrumentos que posibiliten dicha evolución; es por esto que, para el trabajo de investigación, el papel de las simulaciones computacionales fue el de presentar el modelo conceptual de la flotación de tal manera que ayudara a enriquecer las estructuras mentales en las estudiantes, puesto que al igual que las animaciones computacionales, las simulaciones pueden considerarse una herramienta cognitiva, ya que son de fácil acceso y utilización, representan el modelo conceptual de manera simple, pero poderosa y posibilitan el pensamiento crítico. Esta afirmación está en consonancia con lo que establecen Martínez y otros (2000), citado por Kofman (2001), al expresar que las simulaciones computacionales son “[...] herramientas cognitivas que pueden apoyar y facilitar el proceso en la dinámica del grupo, y a la cual el conjunto de individuos puede unir su inteligencia y compartirla durante el desarrollo de su emprendimiento” (p.2). De lo anterior, es importante tener en cuenta que el trabajo colectivo es el que da sentido a las funciones de la simulación; en primer lugar, es el docente quien le da la función pedagógica a esta herramienta, puesto que promueve el diálogo, el contraste entre ideas y los experimentos, en este caso en las simulaciones, y regula las formas de mirar y de pensar (Izquierdo & San Martí, 2001) y en segundo lugar, ese diálogo y la interacción entre estudiantes y profesores, permite dicha contrastación de ideas para el enriquecimiento de las estructuras mentales.

Es por esto que la utilización de animaciones y simulaciones computacionales permitió un acercamiento a las estructuras mentales que las estudiantes construyen para explicar el fenómeno de flotación, y contribuir al enriquecimiento de estas estructuras, de tal manera que pudieran acercarse al modelo aceptado por los científicos.

## 11. RECOMENDACIONES

Es importante que dentro de la enseñanza de la física se ponga énfasis en considerar los modelos mentales iniciales de los estudiantes, puesto que “Los profesores de ciencias, tendrán que ser conscientes de las dificultades que van a tener sus alumnos en el aprendizaje de determinados conceptos, principios o modelos para poder plantear métodos de enseñanza basados en esta comprensión” (Barral, 1990, p. 249). Es por esto que se deben utilizar instrumentos que posibiliten la externalización de esos modelos y que puedan facilitar su análisis.

Para la utilización de herramientas computacionales, es importante que el docente no sólo domine los contenidos conceptuales, sino también que domine la estructura de las simulaciones: su modelo físico y matemático (Kofman, Op.cit., p.9), para que pueda darle la función pedagógica a la herramienta y que actúe como verdaderos socios cognitivos con el estudiante. De igual manera, es importante que tanto el docente, como los estudiantes tengan claro que los modelos conceptuales y las herramientas computacionales que representan dichos modelos, son simplificaciones de los fenómenos del mundo, pero no son copia exacta de ellos. Esta aclaración hace posible que se conciba una naturaleza de la ciencia como un campo no acabado y en permanente construcción.

Por último, es importante aclarar que el objetivo del trabajo de investigación, fue el de develar las posibilidades de las animaciones y simulaciones computacionales para apoyar los procesos de enseñanza y de aprendizaje del principio de flotación; por lo que no se pretendió en ningún momento reemplazar los experimentos físicos por la utilización de las simulaciones; en lugar de ello, como lo plantea Kofman (ibid) se considera que “la incorporación de simulaciones puede resultar favorable en ese marco, fundamentalmente para ampliar el ámbito de la experimentación” (p.2).

## 12. ANEXOS

### Anexo 1. Ficha bibliográfica

Núcleo temático		Documento N°:
Código		

Autor(es)						
Título						
Año			País			
<b>1. Aspectos formales</b>						
Tipo autor	Individual:		Colectivo:		Institucional:	
Tipo de documento	Libro:	Capítulo:	Artículo de Revista:	Investigación no publicada:	<u>Trabajo grado</u> Pregrado: Especialización: Maestría: Doctorado:	Otro:
	Nombre:		Volumen:	Número:	Ubicación (link):	
<b>2. Asunto investigado</b>						
Temas						
Subtemas						
Problemas						
<b>3. Delimitación contextual</b>						
Espacial						
Temporal	Fecha o período:					
Sujetos investigados						
<b>4. Propósito</b>						
Explícito:						
Objetivos:						
<b>5. Enfoque</b>						
Disciplina						
Concepción de la naturaleza de ciencia						

Referentes psicológicos/pedagógicos			
Referentes y/o estrategias didácticas			
Principales conceptos			
<b>6. Metodología</b>	Cualitativa:	Cuantitativa:	Mixta:
	Técnicas y procedimientos:		
<b>7. Resultados</b>			
Conclusiones			
Recomendaciones			
<b>8. Observaciones</b>			

**Anexo 2.** Consentimientos informados

**Medellín, Septiembre 2 de 2013**

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

**Nombre de la Investigación:**

El aporte de la animación y la simulación computacional a la representación y evolución de los modelos mentales sobre el principio de Arquímedes.

**Investigadores:** Astrid Gallego Álvarez.  
Mónica Gallego Álvarez.  
Frank Alexander Parra Sánchez.

Presentamos ante ustedes nuestro compromiso ético. Entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la enseñanza de la Física en el contexto del Colegio Palermo de San José, así como contribuir con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación en Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de las Ciencias y la Matemática del programa Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada una de las participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes.

Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos, grabaciones en audio y video, etc.; se constituyan en bases de datos para dicha investigación.

Gracias por su atención y colaboración.

**FIRMA ACUDIENTE**

**FIRMA DEL ESTUDIANTE**

**Medellín, Septiembre 2 de 2013**

**PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS  
REPRESENTANTES DEL COLEGIO PALERMO DE SAN JOSÉ**

**Nombre de la Investigación:**

El aporte de la animación y la simulación computacional a la representación y evolución de los modelos mentales sobre el principio de Arquímedes.

**Investigadores:** Astrid Gallego Álvarez.  
Mónica Gallego Álvarez.  
Frank Alexander Parra Sánchez.

**Grupo investigado:** Décimo C

Presentamos ante ustedes nuestro compromiso ético. Entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la enseñanza de la Física en el contexto del Colegio Palermo de San José , así como contribuir con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación en Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de las Ciencias y la Matemática del programa Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada una de las participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes.

Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos, grabaciones en audio y video, etc.; se constituyan en bases de datos para dicha investigación.

Gracias por su atención y colaboración.

**FIRMA COORDINADORA ACADÉMICA  
HUMANA**

**FIRMA JEFE DE GESTIÓN**

**FIRMA DIRECTORA DE GRUPO**

**FIRMA DE LA RECTORA**

### Anexo 3. Actividad 1: Diagnóstico



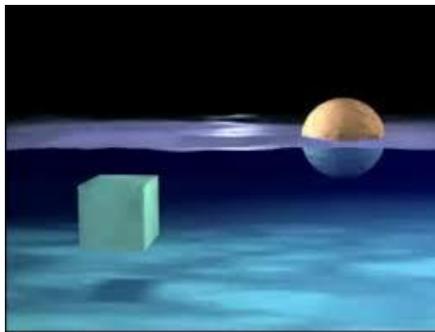
## Actividad 1:



<b>Estudiante</b>	
<b>Grupo</b>	10° C
<b>Objetivo</b>	Realizar una prueba diagnóstica, donde las estudiantes puedan dar a conocer los conocimientos previos sobre el principio de Arquímedes.
<b>Materiales</b>	Tablas de madera de formas irregulares, puntillas, nylon, martillo, regla, lápiz
<b>Profesores</b>	Frank Parra Sánchez, Mónica Gallego Álvarez y Astrid Gallego Álvarez
<b>Número de págs.</b>	2
<b>Duración</b>	45 minutos

## DIAGNÓSTICO

1. En el siguiente gráfico dibuja las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo.



2. Para ti, ¿qué es flotar? y, ¿de qué factores depende que un cuerpo sumergido en un fluido flote en él?

---

---

---

---

---

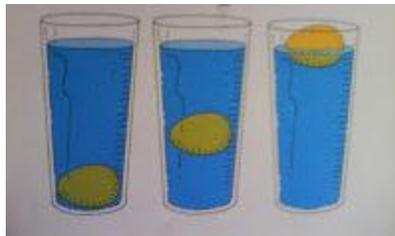
---

---

---

---

3. Se tienen tres vasos con la misma cantidad de agua; el primero sólo contiene agua, al segundo se le agregan dos cucharadas de sal, mientras que al tercero se le agregan cuatro cucharadas. Se introduce en cada vaso un huevo y se observa lo siguiente:



Explica por qué se presenta esa situación en cada caso.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Seguramente has notado que al arrojar objetos sólidos a un recipiente con agua, el fluido aumenta su nivel. Ahora imagina que tienes dos cubos macizos, uno de hierro y uno de madera, cada uno sumergido en un recipiente de igual forma, tamaño y con la misma cantidad de agua; responde:
- a. Si los dos cubos tienen igual masa y diferente volumen, ¿Cuál sube más el nivel del agua? Explica tu respuesta.

---

---

---

---

b. Si los dos cubos tienen igual volumen y diferente masa, ¿Cuál sube más el nivel del agua? Explica tu respuesta.

---

---

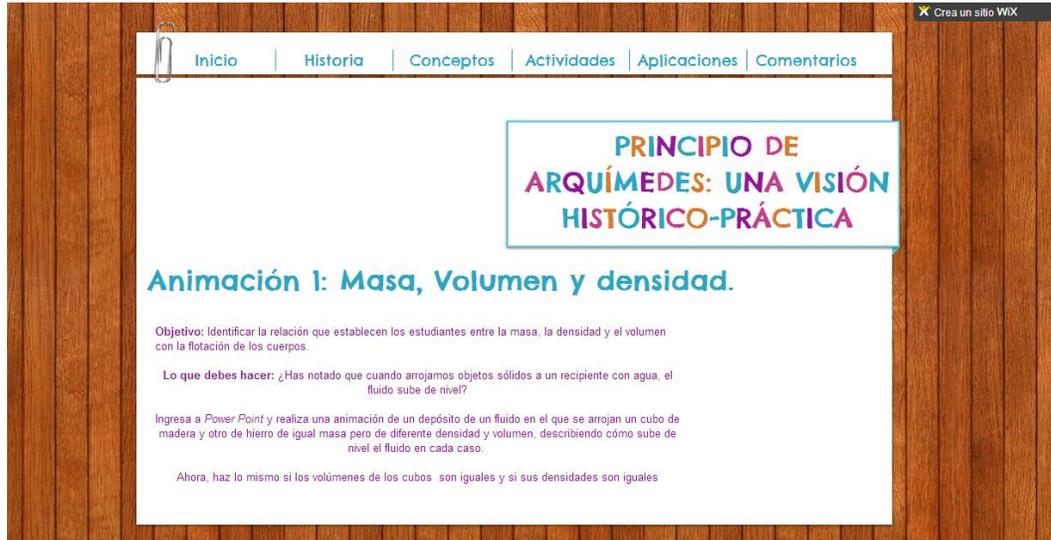
---

---

## Anexo 4. Ambiente de aprendizaje

The screenshot shows a web application interface with a wood-grain background. At the top, there is a navigation menu with links: Inicio, Historia, Conceptos, Actividades, Aplicaciones, and Comentarios. A small window in the top right corner says 'Crea un sitio WIX'. Below the menu is a header area featuring a cartoon character of Archimedes at a computer and a title box that reads 'PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: UNA VISIÓN HISTÓRICO-PRÁCTICA'. The main content area is titled 'Pon en acción el principio de Arquímedes' and includes a descriptive paragraph: 'En este espacio encontrarás una serie de actividades, las cuales te permitirán hacer representaciones gráficas que darán cuenta de tu comprensión sobre el principio de Arquímedes y conceptos necesarios para entender el mismo, e interactuar con simulaciones que potenciarán tu conocimiento.' Below this text is a vertical list of activity buttons, each accompanied by a small icon: 'Diagnóstico' (with a girl reading), 'Animación 1' (with a crown and a scale), 'Simulación 1' (with a boat), 'Animación 2' (with a bottle in water), 'Animación 3' (with a beach ball), 'Foro' (with people at a table), 'Simulación 2' (with a boat), 'Situación problema' (with a person on a path), and 'Animación 4' (with a balance scale). At the bottom of the page, there is a footer with the text: 'Asterio Gallego Álvarez y Mónica Gallego Álvarez, Licenciatura en Matemáticas y Física, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, 2013.' and a 'Inicio' button. A small logo at the very bottom indicates the site was created with WIX.com.

## Anexo 5. Animación N° 1 Relación masa, densidad y volumen en la flotación



Inicio | Historia | Conceptos | Actividades | Aplicaciones | Comentarios

### PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: UNA VISIÓN HISTÓRICO-PRÁCTICA

#### Animación 1: Masa, Volumen y densidad.

Objetivo: Identificar la relación que establecen los estudiantes entre la masa, la densidad y el volumen con la flotación de los cuerpos.

Lo que debes hacer: ¿Has notado que cuando arrojamos objetos sólidos a un recipiente con agua, el fluido sube de nivel?

Ingresa a *Power Point* y realiza una animación de un depósito de un fluido en el que se arrojan un cubo de madera y otro de hierro de igual masa pero de diferente densidad y volumen, describiendo cómo sube de nivel el fluido en cada caso.

Ahora, haz lo mismo si los volúmenes de los cubos son iguales y si sus densidades son iguales

## Anexo 6. Simulación 1



### Simulación 1: Masa, Volumen y densidad.

Mi Bloque  Material **Madera**

Masa:  kg

Volumen:  L

Densidad:  kg/L

**Bloques**

- A Medida
- Misma Masa
- Mismo Volumen
- Misma Densidad
- Misterio

Sobre el programa...

**PHET**

Reiniciar Todo

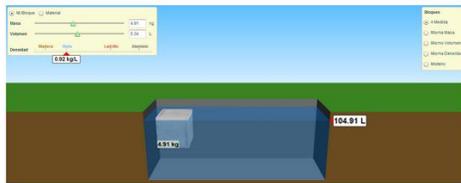
#### Simulación 1

Objetivo: Relacionar la masa, el volumen y la densidad en la flotación de los cuerpos.

\*Obligatorio

Nombre: \*

En las opciones "A Medida" y "Mi Bloque", modifica la masa y describe lo que ocurre con la densidad y con el cubo que se encuentra en el líquido. \*

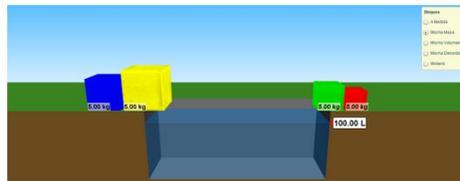


En las opciones anteriores, modifica ahora el volumen y describe lo que ocurre con la densidad y con el cubo que se encuentra en el líquido. \*

De los dos puntos anteriores, establece las relaciones de proporcionalidad entre la densidad y la masa, y entre la densidad y el volumen. Escribe una expresión que relacione las tres variables (masa, volumen y densidad). \*

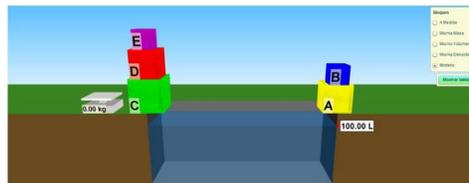
el volumen. Escribe una expresión que relacione las tres variables (masa, volumen y densidad). \*

Selecciona la opción "misma masa". ¿Cómo podrías determinar el volumen y la densidad de dos de los cubos mostrados en la simulación? \*



Interactuando con la simulación responde: ¿De qué crees que depende que un cuerpo flote? Y ¿Por qué? \*

Selecciona la opción "misterio" y averigua de qué material son dos de los cubos que se muestran en la simulación. Nota: en la opción "Mostrar tabla" encontrarás algunos materiales. \*



Enviar

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Con la tecnología de Google Forms

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.  
[Informar sobre abusos](#) - [Condiciones del servicio](#) - [Otros términos](#)

## Anexo 7. Animación 2

The slide features a navigation bar at the top with the following items: Inicio, Historia, Conceptos, Actividades, Aplicaciones, and Comentarios. A paperclip icon is positioned on the left side of the navigation bar. The main title, 'PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: UNA VISIÓN HISTÓRICO-PRÁCTICA', is displayed in a colorful, multi-colored font within a light blue-bordered box. Below this, the slide title 'Animación 2: Introducción al concepto de flotación.' is written in a bold, teal font. The objective is stated as: 'Objetivo: Identificar y caracterizar los modelos mentales iniciales de los estudiantes sobre el principio de Arquímedes.' The task instructions are: 'Lo que debes hacer: Haz una representación gráfica, donde representes lo que entiendes por flotación, y responde: ¿Qué condiciones se deben cumplir para que un objeto pueda flotar en un líquido?'.

## Anexo 8. Animación 3

The slide features a navigation bar at the top with the following items: Inicio, Historia, Conceptos, Actividades, Aplicaciones, and Comentarios. A paperclip icon is positioned on the left side of the navigation bar. The main title, 'PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: UNA VISIÓN HISTÓRICO-PRÁCTICA', is displayed in a colorful, multi-colored font within a light blue-bordered box. Below this, the slide title 'Animación 3: Fuerza de empuje' is written in a bold, teal font. The objective is stated as: 'Objetivo: Identificar y caracterizar los modelos mentales iniciales de los estudiantes sobre el principio de Arquímedes.' The task instructions are: 'Lo que debes hacer: ¿Has notado que cuando se sumerge un balón dentro de una piscina debemos realizar un esfuerzo para mantenerlo dentro del agua?' and 'Realiza una animación en Power Point donde se identifiquen las fuerzas que actúan en el balón que se sumerge en el agua, desde el momento en el que se libera dentro del agua. Ilustra cómo varían las fuerzas en el ascenso del balón.'.

## Anexo 9. Foro

Inicio | Historia | Conceptos | Actividades | Aplicaciones | Comentarios

### PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: UNA VISIÓN HISTÓRICO-PRÁCTICA

#### Foro

Objetivo: Posibilitar la evolución y reconstrucción de los modelos mentales mediante la discusión y contrastación de modelos.

Lo que debes hacer: Reúnete con dos de tus compañeras para que discutan sobre los modelos construidos por cada una en la animación 3, realicen un consenso y construyan el modelo (animación) final del equipo.

Luego cada equipo socializará su modelo, explicándole a todo el grupo su trabajo, las demás estudiantes deben participar diciendo si están o no de acuerdo con lo planteado por sus compañeras, y por supuesto el porqué de sus afirmaciones.

## Anexo 10. Simulación 2

### Simulación 2: Fuerza de empuje

Intro | Sala de Juegos de Flotación

Sobre el programa... **PHET**

Bloques

- Misma Masa
- Mismo Volumen
- Misma Densidad

Mostrar Fuerzas

- Gravedad
- Flotabilidad
- Contacto

Lecturas

- Masas
- Valores de Fuerza

Fluido  Aceite  Agua

Reiniciar Todo

5.00 kg 0.00 N 100.00 L 0.00 N

### Simulación 2

\*Obligatoria

Nombre \*

**Ingresa a la opción “sala de juegos de flotación” (Ubicado en la parte superior izquierda de la página); activa las opciones “gravedad, flotabilidad, contacto, masa y valores de fuerza” (Ubicadas en la parte inferior izquierda); ubícate en la opción “mi bloque” y responde las siguientes preguntas:**

Con clic sostenido sobre el bloque de ladrillo, describe las fuerzas que actúan sobre él y qué las ejercen, desplazándolo en las siguientes posiciones: a. En el aire. b. Dentro del estanque sin tocar el fondo. c. Dentro del estanque tocando el fondo. \*

¿En qué situación aparece la fuerza normal? \*

¿En qué momento aparece la fuerza de empuje (flotabilidad)? \*

**Nota: La fuerza de empuje (flotabilidad) es la fuerza que ejerce todo fluido sobre los cuerpos que están dentro de él.**

Pon el volumen en 1.0 litros modifica la masa y describe qué ocurre con la fuerza de empuje y escribe qué relación de proporcionalidad se presenta (si es que la hay). \*

Ubica el volumen en 5 litros y desplaza lentamente la masa desde el valor más pequeño hasta el más grande, describe cómo varía la fuerza de empuje a medida que se aumenta la masa. ¿Por qué crees que sucede esto? \*

En la opción “material” elige el ladrillo, pésalo fuera y dentro del agua. ¿Pesa lo mismo en ambos casos? ¿Por qué? \*

Sin variar la masa y el volumen del cubo, modifique lentamente la densidad del fluido (ubicada debajo del tanque) iniciando en aire hasta que el bloque comience a salirse del fluido ¿Qué sucede con la fuerza de empuje en esta situación? \*

Aún sin variar la masa y el volumen del cubo, describe cómo varía la fuerza de empuje a partir del momento en que el bloque comienza a salir a la superficie del fluido hasta llegar a la miel. \*

Sitúa la masa en 10 kg, varía lentamente el volumen desde el valor más pequeño hasta el valor más grande, describe qué sucede con la fuerza de empuje y escribe qué relación de proporcionalidad se presenta (si es

que la hay). \*

Coloca la masa en 1 kg, de nuevo, modifica lentamente el volumen, describe cómo varía la fuerza de empuje a medida que se aumenta el volumen. ¿Por qué crees que sucede esto? \*

Según los análisis anteriores, selecciona de las siguientes opciones de qué crees que depende la fuerza de empuje. \*

- Volumen del cuerpo sumergido
- Volumen total
- Masa del cuerpo
- Densidad del fluido
- Densidad del cuerpo
- Gravedad
- Fuerza normal
- Fricción del fluido con el cuerpo

Escribe una posible expresión matemática para determinar la fuerza de empuje. \*

## Anexo 11. Animación 4

[Inicio](#) | [Historia](#) | [Conceptos](#) | [Actividades](#) | [Aplicaciones](#) | [Comentarios](#)

**PRINCIPIO DE  
ARQUÍMEDES: UNA VISIÓN  
HISTÓRICO-PRÁCTICA**

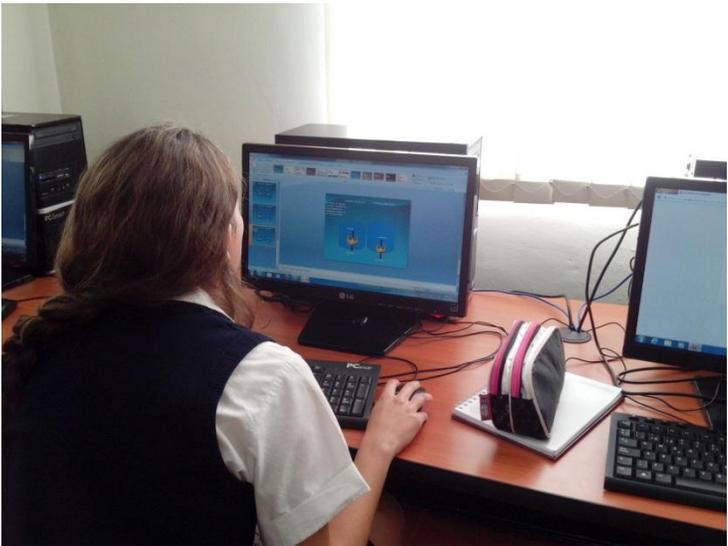
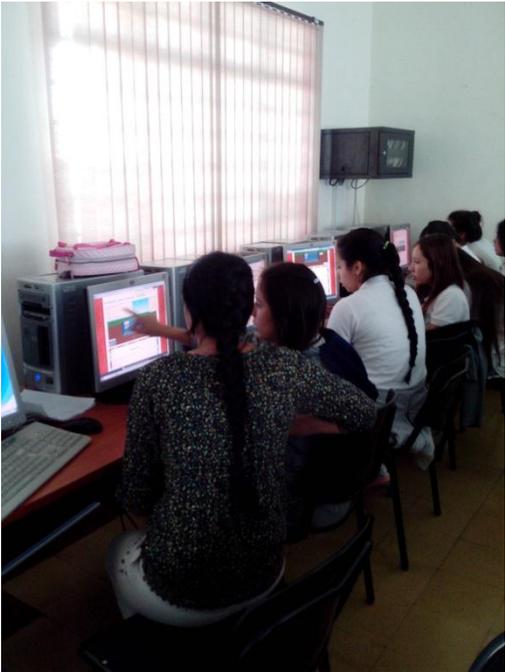
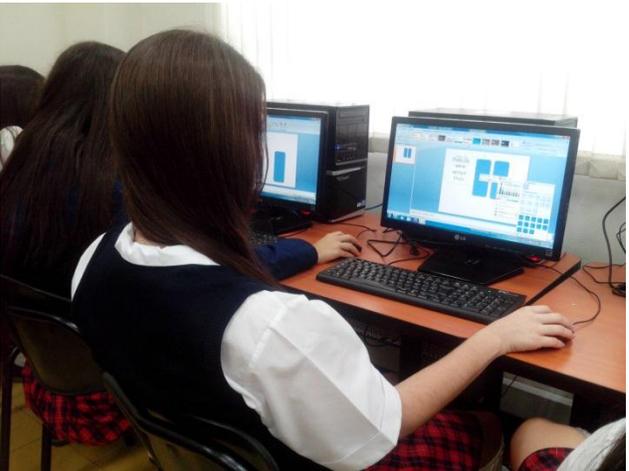
**Animación 4:**

**Objetivo:** Contrastar los modelos iniciales y finales para analizar los indicios de evolución de los mismos.

**Lo que debes hacer:** Da clic sobre el icono de power point y realiza la animación que se propone en el documento que se abre, sigue muy bien las indicaciones.



**Anexo 12. Evidencias**



### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez, D., Mena, D. & Rubio, C. (2009). Uso de software de simulación en la enseñanza de la física. Una aplicación en la carrera de ingeniería química. Redalyc, vol. 24 (No 2), PP. 127-136 (México)
- Kofman H. A. (2004). Aplicación de software de simulación en enseñanza de Fluidostática. Revista educación en física, Vol. 6, 13-22. (Uruguay)
- Kofman H. A. (2000). Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la física. Revista educación en física. Vol. 6, 13-22 (Uruguay)
- Mesa, W. (2004). Modelación computacional para la enseñanza y aprendizaje del movimiento rectilíneo. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Porlán, R. & Martín, J. (1997). El diario del profesor un recurso para la investigación en el aula. Sevilla: DIADA EDITORIAL S.L.
- García Carmona, Antonio (2009). Aprendiendo hidrostática mediante actividades de investigación orientadas: Análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. Revista enseñanza de las ciencias, Vol. 27 (2), 273-286.
- Pérez, Daniel (1994). Relaciones entre el conocimiento escolar y el conocimiento científico. Revista investigación en la escuela No 23
- Izquierdo, Mercè & Sanmartí, Neus (2001) Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC.
- Barral, F.M. (1990) ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. Revista enseñanza de las ciencias. Vol. 8 (3) 244-250.
- Justí, Rosària. (2006) La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las ciencias, Vol. 24 (2) 173-184
- Chamizo, J. & García, A. (2010) Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bohigas, X. y Periago, C. (2010). Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 12 (1). Consultado el 25 de Mayo de 2013 en: <http://redie.uabc.mx/vol12no1/contenido-bohigas.html>

- Joan Josep Solaz-Portolés y Vicent San José López. Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6 N° 1 (2007). Consultado el 25 de Mayo de 2013 en:  
[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N1.pdf)
- Jonassen, D. H. (1996). Aprender de, aprender sobre, aprender con las computadoras. (pp.3-22) EnglewoodCliffs, New Jersey: Merrill Prentice- Hall.
- Neus Sanmartí, Mercè Izquierdo. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las tic. Revista Alambique Vol. 29.
- Macías, F. D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. Revista Iberoamericana de Educación, Vol. 42, p 4 – 10.
- López, E. (2011). La modelización conceptual de la mecánica newtoniana en estudiantes de física universitarios: una aplicación de la teoría de Ausubel de aprendizaje significativo. (Tesis de doctorado). Universidad de Burgos. Septiembre de 2002
- Carla Maturano, Claudia Mazzitelli, Graciela Núñez y Raúl Pereira. Dificultades conceptuales y procedimentales en temas relacionados con la presión y los fluidos en equilibrio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 4 N° 2 (2005). Consultado el 2 de Junio de 2013.
- Josip, Slisko. Sacándole más jugo al problema de la corona. Primera parte: el tratamiento conceptual. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2005), Vol. 2, N° 3, pp. 364-373. Consultado el 2 de Junio de 2013.
- Josip, Slisko. Sacándole más jugo al problema de la corona. Segunda parte: el tratamiento cuantitativo. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2006), Vol. 3, N° 1, pp. 51-59. Consultado el 2 de Junio de 2013.
- La implementación y gestión de los procesos de investigación social cualitativos. En: Sandoval, C. (1996). Investigación Cualitativa. p. 133- 149.
- Bonilla-Castro, E. y Rodríguez, P. (2000). Más allá del dilema de los métodos. p. 131-140.
- Moreira, M., (1999) Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos, España; Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoyo N° 1, 1999. Adaptado del capítulo 2 del libro Pesquisa em ensino: o Vê epistemológico de Gowin, de M.A. Moreira. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1990. Traducción de Mª Luz Rodríguez Palmero. Publicado en Actas del PIDEAC, 5:101-136, 2003.

- Sanmartí, Izquierdo. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las tic. Alambique. [Versión electrónica]. Revista Alambique 29
- Kofman, H A. (2000). Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la física. Revista Educación en Física .Vol. 6 Págs. 13 a 22. (Uruguay).
- Martínez, R.; Montero, R.; Pedrosa, M.; Martín, Elsa Inés. 2000. Sobre herramientas cognitivas y aprendizaje colaborativo, Congreso RIBIE 2000, Viña del Mar, Chile.
- PIAGET e INHELDER, 1971. El desarrollo de las cantidades en el niño. (Nova Terra: Barcelona).
- Moreira & Greca (1998). Modelos Mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo. Enseñanza de las ciencias, Barcelona, 16 (2): 289-303.
- Hernández & otros. (2011). La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en alumnos de Enseñanza Básica y Media de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos-Chile. Estudios Pedagógicos XXXVII, N° 1: 71-83.
- Gess-Newsome, J. (1999). “Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation”. En Gess-Newsome, J. & Lederman, N. (Eds.): Examining Pedagogical Content Knowledge. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers
- Haney, J. & McArthur, J. (2002). “Four case studies of prospective teachers’ beliefs concerning constructivist practice”. Science Education.
- Bryan, L. (2003). “Nestedness of beliefs: examining a prospective elementary teachers’ belief system about science teaching and learning”. Journal of Research in Science Teaching.
- Moreno, M. y Azcárate, C. (2003). “Concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales”. Enseñanza de las Ciencias.