

# Haciendo ciencia en el aula: Los efectos en la habilidad de falsear diferentes hipótesis sobre la flotación y en las respuestas a la pregunta “¿por qué flotan las cosas?”



**Adrián Corona Cruz, Josip Slisko y Julián Gilberto Meléndez Balbuena**

*Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, AP 1152, 72001 Puebla, Pue., México.*

**E-mail:** *acorona@fcfm.buap.mx*

(Recibido el 25 de Junio de 2007; aceptado el 7 de Septiembre de 2007)

## Resumen

En este trabajo presentamos los resultados de las actividades basadas en formular y constatar hipótesis (parte básica del método científico) por estudiantes de secundaria, con el que se muestra la posibilidad del desarrollo acelerado de la cognición del estudiante. Con este fin, se diseñó una actividad de aula en que los estudiantes, personalmente y grupalmente, tenían que considerar la veracidad de diferentes afirmaciones sobre las causas de la flotación de los cuerpos (por ejemplo, los cuerpos flotan porque pesan poco). A partir de los resultados derivados al formular la pre y la post-hipótesis sobre la flotación de los cuerpos, así, también, de las constataciones realizadas en clase, se pudo mostrar que la enseñanza activa de las ciencias produce un significativo desarrollo de la habilidad de evaluar y verificar experimentalmente la veracidad de una hipótesis. También se observó un cambio conceptual en las propias concepciones de los estudiantes sobre la flotación.

**Palabras clave:** Física Educativa, aprendizaje activo, flotación.

## Abstract

In this article we present the results of activities, based on formulation and falsification of hypotheses (the essence of scientific method) by secondary school students, which show the possibility of accelerated development of student's cognition. With this aim, a multi-part classroom activity was designed in which the students, in personal and group mode, had to consider the veracity of different affirmation about the causes of flotation of the bodies (for example, the bodies float because they weigh little). Taking into account the results from formulations of initial and final hypotheses about the flotation of bodies, and also from falsifications carried out in the classroom, it was possible to demonstrate that active teaching of sciences produces a significant development of the ability to evaluate and verify experimentally the veracity of one hypothesis. A conceptual change in students' conceptions on flotation was observed, too.

**Key words:** Physics Education, active learning, flotation.

**PACS:** 01.40.-d, 01.50.My, 01.50.Pa

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación en didáctica de las ciencias, desarrollada con enfoques alternativos a la enseñanza tradicional, ha identificado varias dificultades en los procesos de aprendizaje, como son la estructura lógica de los contenidos conceptuales, su nivel formal y la influencia de las concepciones alternativas del alumno [1]. Los enfoques más relevantes, que se han ensayado para intentar un mayor éxito en los diversos elementos que configuran las dificultades del proceso de aprendizaje de las ciencias, van desde el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje basado en resolución de problemas y el cambio conceptual de las ideas alternativas hasta la investigación dirigida y el desarrollo de las capacidades metacognitivas [2].

Es bien conocido que sólo la minoría de los estudiantes, incluso en sus cursos superiores, logra el pensamiento formal. Clásicamente se considera que los alumnos entre los 7 y los 10 años sólo pueden centrarse en la observación (pensamiento concreto) y que en los de edades que van de los 11 en adelante ya pueden comprobar hipótesis, aplicar el método científico y resolver problemas complejos. Sin embargo, la realidad educativa es otra.

La educación actual exige de métodos que logren que los estudiantes aprendan a razonar, a operar con conceptos de un mayor grado de abstracción y generalización, y a su vez, empleen conscientemente el método científico, lo que implica que la enseñanza, centrada en los contenidos, por si misma no es lo importante. Lo que realmente importa es el desarrollo de las habilidades de pensamiento por parte

de los estudiantes. Se considera [3] que se requieren los esquemas operacionales formales para tratar actividades de razonamiento que involucran:

- (a) El control de variables,
- (b) la exclusión de variables no pertinentes,
- (c) la proporción y proporcionalidad,
- (d) la probabilidad y correlación y
- (e) el uso de modelos abstractos para explicar y predecir.

El desarrollo del pensamiento formal se ha logrado colocando al estudiante en conflicto cognoscitivo: hacer que los alumnos experimenten contradicciones que no encajan sus experiencias anteriores y esquemas mentales existentes, los que tienen que reestructurar para acomodar la nueva evidencia. Cuando los alumnos reflexionan sobre sus procesos de pensar y aprender (metacognición), cuando tienen que justificar y defender sus estrategias y conclusiones, entonces generan estrategias más poderosas o conceptos más acertados para resolver problemas.

Nuestro trabajo está organizado en la siguiente forma, en la Sección II mostramos el marco teórico utilizado, la Sección III trata sobre el método científico, en la Sección IV mostramos la metodología seguida, en la Sección V los cambios en la falseación de las hipótesis ofrecidas, la Sección VI trata sobre los cambios en las concepciones sobre flotación, y finalmente en la Sección VII presentamos nuestras conclusiones.

## II. MARCO TEÓRICO

Últimamente se cree que, combinando el enfoque de Piaget (enfatisa la cognición individual como la base de pensamiento humano) y de Vigotsky (la perspectiva sociocultural reconoce la conveniencia en un ambiente social de la clase), se crea la posibilidad del aprendizaje acelerado. Un ejemplo concreto es el programa CASE, Aceleración Cognoscitiva a través de la Educación Científica, por sus siglas en inglés, [4,5], basado en la psicología cognoscitiva (conflicto cognoscitivo y su equilibrio) y social (construcción social y reflexión metacognitiva), los programas de habilidades de pensamiento y las estrategias didácticas que superan la persistencia de las ideas previas.

El programa CASE muestra que la evolución del pensamiento de concreto a formal (superior) se logra en forma acelerada, presentando a los alumnos de entre 11 a 14 años las actividades que desafían sus preconcepciones; creando un conflicto cognoscitivo cuando el resultado inesperado que no encaja en sus preconcepciones.

La re-construcción de pensamiento se da resolviendo los conflictos cognoscitivos a través de la discusión en equipos y/o con todos los integrantes de la clase. El CASE está conformado con actividades que implican el uso de habilidades científicas, como son el control de variables, relaciones de proporcionalidad, correlaciones de probabilidad, clasificación, etc. Con el método CASE los alumnos:

- (1) Responden a los problemas abiertos con aumentada confianza y creatividad,

- (2) se muestran más interesados y seguros al contestar las preguntas,
- (3) parecen disfrutar las experiencias,
- (4) se vuelven más dispuestos por hacer las predicciones sobre los experimentos e intentan justificar sus conclusiones, y
- (5) logran buenos resultados resolviendo problemas.

## III. MÉTODO CIENTÍFICO

La instrucción que enfatiza y promueve el uso del Método Científico (MC) debe ser la base de la educación en ciencias, para que los estudiantes aprendan a "pensar como científico". Desafortunadamente por la múltiple caracterización del "método científico" y la falta de dominio por parte del docente esta idea no ha tenido éxito. Incluso, muchos autores [6,7] consideran que no existe un método científico. En lugar de usar una receta predeterminada y bien estructurada, el científico, según el problema tratado, tiene que usar, de manera creativa, métodos definitorios, clasificatorios, estadísticos, hipotético-deductivos, procedimientos de medición, etc.

En este trabajo dirigimos nuestra atención a dos elementos básicos del quehacer científico:

- (1) *La formulación de hipótesis* (planteamiento o supuesto que busca explicar un fenómeno físico, en este caso, la flotación de los cuerpos), y
- (2) *la verificación de hipótesis* (constataciones formales que se deben comprobar o refutar mediante la observación, siguiendo las normas establecidas por el MC).

Carretero [8] consideró la posibilidad de una enseñanza activa de las ciencias en la que los alumnos pudieran comprobar por sí mismos la utilización del "método científico", constatando, modificando y verificando las hipótesis sobre el fenómeno físico de flotación.

Como bien se sabe, gracias a los trabajos pioneros de Piaget [9,10], la conceptualización del por qué de la flotación de las cosas, es un proceso complejo cuyo acercamiento a la conceptualización científica depende fuertemente del nivel cognitivo de los niños, pues requiere los patrones del razonamiento formal. Esos patrones no los promueve la enseñanza tradicional y por eso, incluso, los estudiantes universitarios, terminando sus primeros cursos de física, todavía tienen dificultades conceptuales en la comprensión de la fuerza de empuje, responsable, junto con la fuerza gravitacional, del fenómeno de flotación [11].

Durante las entrevistas que condujo Carretero, que eran centradas en el análisis de las hipótesis, los estudiantes mostraron una gran variedad de estrategias relacionadas con la tarea de corroborarlas y falsearlas. Para facilitar las tareas de verificar las hipótesis, los entrevistados tenían a su disposición un recipiente con agua y un conjunto de bolas de diferentes características (tamaño, material, estructura interna,...).

Carretero categorizó esas estrategias de la siguiente manera (desde la estrategia menos a la más elaborada):

**1. Descriptiva.** Consiste en que el sujeto no realiza ni se propone ninguna actividad destinada a la comprobación de la hipótesis. Parece que no toma en cuenta el carácter hipotético del enunciado. Puede decirse que entiende la frase como si sus dos términos estuvieran unidos por «y» y no por «por qué».

**2. Comprobación con resistencia a la falseación.** En este caso los sujetos consideran las hipótesis como tal, es decir, le otorgan un carácter de posibilidad y casualidad y dan los pasos necesarios para probarla. Pero, curiosamente, cuando encuentran que la hipótesis se cumple con algunas bolas pero no con otras, llegan a la conclusión de que la hipótesis es «verdad y mentira» a la vez, y no mentira, como obviamente es. Los sujetos que utilizan esta estrategia parecen pensar que para que un enunciado sea verdadero debe cumplirse todos los casos y para que sea falso no deben cumplirse en ningún caso.

**3. Verificación.** Consisten en que los niños sólo tienen en cuenta los tipos de bolas que confirman la hipótesis, pero ignoran completamente los que demuestran que es falsa.

**4. Falseación mediante una interpretación bi-condicional del enunciado.** Los sujetos que llevan a cabo esta estrategia son capaces de llegar a la conclusión de que la hipótesis es falsa pero haciendo uso de una argumentación que no es totalmente correcta y que supone una interpretación bi-condicional del enunciado. Por ejemplo, ante la frase, «las bolas flotan porque están huecas» los niños ofrecen como prueba de su falsedad que «hay bolas macizas que también flotan», pero, de hecho, esto no es una prueba correcta, mientras que sí lo es el hecho de que haya bolas huecas que no flotan.

**1. Falseadora correcta.** Como puede suponerse, consiste en la demostración de la falsedad de la hipótesis, pero interpretándola como un enunciado condicional y no bicondicional.

#### IV. METODOLOGÍA

Para conocer el desarrollo de la capacidad de analizar la veracidad de una hipótesis sobre un fenómeno físico cotidiano (flotación de los cuerpos), se diseñó una actividad de aprendizaje activo en el aula, dándoles a los alumnos la oportunidad de *hacer ciencia* a su manera.

Esta actividad se llevó a cabo con los 312 alumnos de secundaria, que cursaban diferentes grados en tres telesecundarias.

La actividad de aprendizaje, que se ha observado y analizado en esta investigación, constaba de los siguientes pasos:

**a) Conocer el sentido de analizar la veracidad de una afirmación.** Se asevera al grupo que un vaso que está sobre la mesa está lleno de aire, y pregunta si están de acuerdo o no (verdad o mentira) y, en su caso, ¿cómo lo demostrarían?

Una vez que ellos se plantean su constatación, se les solicita que la realicen ante el grupo (ejemplo de las acciones a realizar).

**b) Conocer diferentes comportamientos de las bolas.** Se presentan dos recipientes con agua de diferentes volúmenes y un conjunto de bolas (de diferentes materiales, tamaños, huecas y macizas) de las cuales algunas flotan y otras no.

**c) Activación y verificación de las ideas sobre la flotación de los objetos particulares.** Un estudiante solicita al grupo que prediga si flotará o se hundirá algún conjunto de las pelotas, verificando las predicciones. Obviamente, en el caso de que no se cumple la predicción se llegaba al desequilibrio cognitivo.

**d) Activación de las concepciones generales sobre la flotación.** Se solicita a los alumnos que respondan, de forma individual y por escrito, la pregunta “¿por qué flotan las bolas?” (ideas previas) y que se integren en equipos de hasta cinco integrantes.

**e) Consideración de diferentes afirmaciones falsas sobre la flotación.** Se expone la aseveración, “Las bolas flotan porque pesan poco”, (A1) supuestamente formulada por alumnos de una escuela primaria,

**f)** se solicita votar como verdadera o falsa la hipótesis,

**g)** discuten en equipo sobre la verdad o falsedad de la aseveración y ya de “acuerdo”,

**h)** un estudiante representante de cada equipo pasa frente al grupo a realizar la demostración de su veracidad o falsedad, y, en su caso, responder a los cuestionamientos planteados por el grupo,

**i)** realizadas las demostraciones, se pide a los estudiantes que escriban la estrategia que ellos creen convencería al niño de la veracidad o falsedad de su aseveración,

**j)** se continúa repitiendo los pasos *d*, *f*, y *g* con las siguientes hipótesis: “Las bolas flotan porque hay mucha agua” (A2), “Las bolas flotan porque son pequeñas” (A3) y “Las bolas flotan porque están huecas” (A4).

**k) Reflexión personal final.** A los alumnos se plantea la siguiente pregunta: Si las bolas no flotan porque son pequeñas, no flotan porque están huecas, no flotan porque pesan poco y no flotan porque hay mucha agua, entonces, ¿por qué flotan las cosas en el agua?

#### V. LOS CAMBIOS EN LA FALSEACIÓN DE LAS HIPÓTESIS OFRECIDAS

El estudio se realizó en quince grupos de telesecundaria de los tres niveles. Los alumnos de tercero y de segundo ya habían analizado el tema de flotación. Para simplificar la presentación de los datos, en lugar de los cinco niveles de Carretero, el patrón de categorización de los alumnos fue el siguiente:

Se consideraba los alumnos como **pensadores concretos** que responden con ideas y acciones que describieron o comprobaron (1 *Descriptiva* y 2 *Comprobación con resistencia a la falseación*), como **pensadores en transición**, aquellos que verificaron las hipótesis (3 *Verificación*), y como **pensadores formales** aquellos que falsearon (4 *Falseación mediante una interpretación bi-condicional del enunciado* y 5 *Falseadora correcta*) las hipótesis.

En el tratamiento de la primera hipótesis (A1), las propuestas personales de los alumnos eran descriptivas y de comprobación (predomina el pensamiento concreto). La discusión que siguió produjo cambios en sus demostraciones, debido a que no tuvieron éxito en convencer a los integrantes de sus grupos.

En los tratamientos de la hipótesis “**las bolas flotan porque hay mucha agua**” (A2) ya se notó una evolución positiva en las contestaciones planteadas por los estudiantes. La misma tendencia se notaba en el tratamiento de la hipótesis (A3), Las estrategias demostradas de la cuarta hipótesis “**las bolas flotan porque están huecas**” (A4) se tomaron como referencia para cuantificar los cambios en la habilidad de tratar las hipótesis producidos por la actividad.

Es importante señalar que en este análisis de tendencias se supuso que la dificultad de falsear las cuatro hipótesis era igual (o similar) y que los cambios mencionados en sus tratamientos corresponden al avance que tenían los estudiantes al entender mejor lo que se les pide o, en otras palabras, a que aprendieron jugar mejor el juego de falsear a las hipótesis. En un futuro trabajo se pondrá explícitamente la veracidad de esa suposición a verificación experimental. Una manera sería realizar el mismo experimento en que diferentes grupos de estudiantes tendrían diferentes secuencias de las cuatro hipótesis consideradas (por ejemplo, A4-A3-A2-A1; A3-A1-A2-A4;...).

Los cambios de nivel en los primeros años (88 alumnos) mostraron una reducción del 25% de los concretos, una reducción del 15% en transición y una ganancia del 41% en formales. Esos resultados muestran un avance significativo en la habilidad de analizar la veracidad de las hipótesis relacionadas con la flotación.

De los alumnos que fueron caracterizados como concretos, el 15% incrementaron su nivel de tratamiento de la hipótesis a transición y el 55% hasta el nivel formal. Los identificados como de nivel en transición pasaron el 68% a formales.

Los cambios de nivel en los segundos años (101 alumnos) mostraron una reducción del 15% de los concretos, una reducción del 14% en transición, y una ganancia del 29% en formales. Esos resultados muestran, también, un avance cognitivo. El 40% de los alumnos que eran clasificados como concretos incrementaron su nivel cognitivo a transición y el 40% hasta el nivel formal. El 65% del nivel en transición pasaron al nivel de formales.

Los cambios en los terceros años (123 alumnos) mostraron una reducción del 13% de los concretos, una reducción del 33% en transición y una ganancia de 47% en formales. Cabe destacar que estos resultados muestran un avance cognitivo mayor que en los años anteriores.

En relación al avance de los alumnos de tercero categorizados como concretos incrementaron su nivel cognitivo el 20% a transición y 67% hasta el nivel formal y los de nivel en transición pasaron el 79% a formales.

En la Tabla I se presentan, como ejemplos, copias de textos que describen las estrategias desarrolladas por algunos estudiantes de los tres niveles de secundaria. En la columna de la derecha de la tabla se muestra el valor

que clasifica la propuesta con el criterio planteado por Carretero.

**Tabla I.** Ejemplos de estrategias planteadas por los alumnos. En la columna de la derecha se encuentra el valor que clasifica la propuesta.

<i>Alumno de primero</i>	
<i>¿Por qué flotan las cosas en el agua?</i>	
Porque el fondo del agua manda una fuerza a la superficie y hace que floten las cosas	
<i>Las bolas flotan porque pesan poco</i>	
Falso, la que echan una bola chica que flota y una grande que se hunda	2
<i>Las bolas flotan porque hay mucho agua</i>	
Falso, en el recipiente que tiene mucho agua flota y sacándolo y metiéndolo al que tiene poco agua y sigue flotando	3
<i>Las bolas flotan porque son pequeñas</i>	
La demostración... meto una bola chica y flota.	3
<i>Las bolas flotan porque están huecas</i>	
Falso, porque meto una bola grande que no este hueca y flota.	4
<i>¿Por qué flotan las cosas en el agua? Cierre</i>	
Porque el fondo del agua manda una fuerza a la superficie y hace que floten las cosas.	
<i>Alumno de Segundo</i>	
<i>¿Por qué flotan las cosas en el agua?</i>	
Por su mayor densidad que tiene la materia cuando sea mayor o menor que la del cuerpo que flota.	
<i>Las bolas flotan porque pesan poco</i>	
Yo pondría unas pelotas en un recipiente con agua, después demostraría que una pesa más y otra menos porque depende de su densidad de las pelotas y también de su material	2
<i>Las bolas flotan porque hay mucho agua</i>	
Yo pondría un recipiente con agua y pondría dos pelotas y demostraría que flotan con mucha agua, luego le vacío el agua en otro recipiente para dejar poca agua en donde había puesto las pelotas y demostraría que en esa poca agua flotan también aunque es muy poca el agua	3
<i>Las bolas flotan porque son pequeñas</i>	
Yo echaría en un recipiente con agua varias pelotas y demostraría que no importa el tamaño, porque algunas flotan y otras se hunden.	4
<i>Las bolas flotan porque están huecas</i>	
Le diría que no importa si están huecas, sí aún flotan o se hunden, o sea que no importa que estén huecas.	4
<i>¿Por qué flotan las cosas en el agua? Cierre</i>	
Porque su densidad puede ser mayor o puede ser menor o también depende su tipo de materia.	
<i>Alumno de tercero</i>	
<i>¿Por qué flotan las cosas en el agua?</i>	
Por la presión o por el peso de las cosas.	
<i>Las bolas flotan porque pesan poco</i>	
No porque no importa el peso, sino la presión del objeto.	1
<i>Las bolas flotan porque hay mucho agua</i>	
No es verdad, porque si ponemos una bola que pesa en poco agua, no va a flotar igual, si la hecho en mucha agua no flota porque a veces depende del peso o por la presión.	2
<i>Las bolas flotan porque son pequeñas</i>	
No es cierto, porque hay algunas pelotas que son grandes y flotan y hay chicas que no flotan, no depende del tamaño.	4
<i>Las bolas flotan porque están huecas</i>	
Es falso, hay pelotas que están huecas y flotan, pero hay otras que se hunden.	4
<i>¿Por qué flotan las cosas en el agua? Cierre</i>	
Por el peso y por la presión y no importa el agua, el tamaño, el peso, lo que importa es el peso y la presión.	

En estos ejemplos se observa que, independientemente del nivel, mientras la concepción inicial sobre la flotación no fue desafiada por la discusión o por la observación, los

alumnos la mantienen con modificaciones menores. Respecto a la evolución en su habilidad de analizar y comprobar la validez de una hipótesis, en la mayoría de los casos hay una evolución positiva.

En la Tabla II se presentan los cambios porcentuales obtenidos de la cuantificación de las estrategias de constatación entre la primera y la última hipótesis de alumnos de tres escuelas secundarias en sus tres niveles.

**Tabla II.** Cambios porcentuales en las estrategias de constatación de alumnos de: (a) Telesecundaria de la Comunidad de San Lucas Tejaluca Ahuatlan (rural); (b) Telesecundaria localizada en la Col. Independencia, Tepeojuma (semi-urbana); (c) y una Telesecundaria de la Col. Cruz Verde, Izúcar de Matamoros, Pue. (urbana).

Primeros (88 alumnos)			
Nivel	A1	A4	Cambios
Concretos	45%	20%	reduc 25%
Transición	28%	13%	reduc 15%
Formales	26%	67%	incre 41%
Segundos (101 alumnos)			
Nivel	A1	A4	Cambios
Concretos	40%	25%	reduc 15%
Transición	40%	26%	reduc 14%
Formales	21%	50%	incre 29%
Terceros (123 alumnos)			
Nivel	A1	A4	Cambios
Concretos	24%	11%	reduc 13%
Transición	50%	17%	reduc 33%
Formales	25%	72%	incre 47%

Se observa que hay una fuerte influencia en un grupo de segundo; los alumnos habían tomado el tema de flotación (TSE3 19%, Telesecundaria de la Comunidad de San Lucas Tejaluca Ahuatlan). En sus propuestas aproximadamente el 90% usaron la definición de densidad sin contexto. Se concluye que el profesor propicio una fuerte resistencia, haciendo que los alumnos no manifestaran sus propias concepciones. En promedio, se nota que la ganancia no es función del grado ni del nivel socio económico.

Dado que las ganancias de un curso de enseñanza no-tradicional se considera el 52% como promedio y el 69% como máxima [12], se puede ver que las ganancias muestran, para una sola clase, un buen resultado.

## VI. LOS CAMBIOS EN LAS CONCEPCIONES SOBRE LA FLOTACIÓN

Como ya se ha dicho, antes de comenzar las actividades de contrastar las hipótesis sobre posibles causas de la flotación, todos los estudiantes debían de escribir sus respuestas sobre la pregunta “¿por qué flotan las cosas?”. De esas respuestas se puede concluir cuáles eran las concepciones iniciales de los estudiantes sobre la flotación. Esas concepciones las hemos dividido en dos grupos.

El primer grupo son aquellas que son congruentes con las cuatro hipótesis que se han analizado y contrastado en las actividades, según las cuales las causas de la flotación son alguna propiedad del objeto (peso, hueco, tamaño) o la cantidad de agua. Los porcentajes de los estudiantes que

inicialmente compartían esas ideas están presentados en la Tabla III.

**Tabla III.** Porcentajes de los estudiantes que consideraban como conceptos causantes de la flotación a aquellos TRATADOS en la actividad.

El concepto causante de la flotación	Primer grado	Segundo grado	Tercer grado
Peso (P)	42	29	31
Hueco (H)	29	14	9
Tamaño (V)	1	0	0
Cantidad de agua (A)	0	0	0

Es notable que muchos estudiantes pensaron que un objeto flota si es ligero o es hueco. En otras palabras, esas dos hipótesis no eran solamente de un alumno anónimo de primaria sino son también de ellos.

A cambio, las concepciones de que la flotación de un objeto depende de su tamaño o de cantidad de agua eran casi completamente ausentes y la afirmación de que son de un alumno de primaria les debería parecer más creíble.

También es interesante ver cuáles eran otras concepciones iniciales, diferentes de las que se han tratado en la actividad. Esas se presentan en la Tabla IV.

**Tabla IV.** Los porcentajes de los estudiantes que consideraban como conceptos causantes de la flotación a los conceptos NO TRATADOS en la actividad.

El concepto causante de la flotación	Primer grado	Segundo grado	Tercer grado
Densidad (D)	4	27	33
Material (M)	26	7	8
Fuerza de empuje (F)	10	2	6
Gravedad (G)	2	6	5

En el segundo y el tercer grado, la concepción dominante es que la flotación de un objeto depende de su densidad relativa con respecto a la densidad de agua. Este hecho es entendible porque los estudiantes ya han visto anteriormente el tema de flotación. Sin embargo, como se verá más adelante, la comprensión de la concepción científica sobre la flotación no era significativa sino más bien memorizada y usada para responder la pregunta directa.

Las concepciones finales de los estudiantes sobre las causas de flotación muestran los patrones interesantes que merecen ser comentados. Como esos patrones son muy diversos, en este artículo vamos a comentar solamente los patrones más importantes:

- A) Mantener una concepción tratada en la actividad.
- B) Eliminar una concepción tratada en la actividad.
- C) Adaptar una concepción tratada en la actividad.

En el primer patrón caben los estudiantes que inicialmente y finalmente pensaban que las cosas flotan por pesar poco (símbolo P-P) o por ser huecas (símbolo H-H).

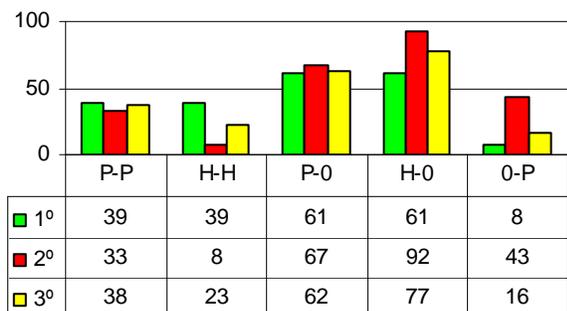
El segundo patrón describe estudiantes que inicialmente pensaban que las cosas flotaban por ser ligeras y que finalmente optaban por alguna otra concepción (símbolo P-0) o los estudiantes que inicialmente pensaban que las cosas flotan por ser huecas y finalmente desecharon esta idea (símbolo H-0).

El tercer patrón caracteriza a los estudiantes que inicialmente no compartían ninguna de las concepciones

tratadas en la actividad y finalmente se quedaron con una de ellas, por ejemplo, creyendo que la flotación de los objetos depende de su peso (símbolo O-P).

El porcentaje de la presencia de esos patrones se presenta en la Tabla V.

**TABLA V.** Patrones de remoción y retención de los conceptos tratados en la actividad: P: pesado, ligero, peso, etc., H: aire, hueco, bofas, etc., y NO TRATADOS: O: densidad, fuerza, volumen, material, tamaño y forma, etc.



La buena noticia es que la actividad ayudó a muchos estudiantes a dejar de creer que un cuerpo flota por pesar poco o ser hueco (cambios P – O y H – O).

La mala noticia es que, a pesar de la actividad en que los mismos estudiantes encontraron las maneras de falsear esas concepciones con demostraciones prácticas, todavía hay estudiantes que las mantienen (cambios P-P y H-H) o que, incluso, los adoptan al final aunque no las compartían inicialmente (por ejemplo, cambio O- P).

Esta afirmación es especialmente preocupante en el caso del segundo grado. Esos estudiantes, en su mayoría, inicialmente citaron la densidad relativa como la causa de la flotación, pero muchos de ellos terminaron creyendo que el peso del objeto determina su habilidad de flotar. Esto demuestra la fragilidad del “conocimiento” memorizado que no está basado en verdaderas actividades de aprendizaje.

## VII. CONCLUSIÓN

Los resultados de esta investigación en el aula sugieren que los estudiantes pueden avanzar en sus habilidades del pensamiento creativo y crítico cuando las actividades de clase se diseñan para promover explícitamente tales habilidades. La determinación de hasta qué punto tales mejoras son de largo plazo y/o transferibles a otros temas se plantean para una investigación futura.

Con respecto a los cambios en el aprendizaje conceptual de la flotación, los resultados apuntan en dos direcciones.

Es muy grato convencerse que varios estudiantes son capaces de eliminar sus simples concepciones iniciales (el cuerpo flota por pesar poco o por ser hueco) sin la intervención del maestro.

Pero, por otro lado, también hay estudiantes que no se convencen por las demostraciones de sus compañeros de que simples concepciones sobre flotación son erróneas y,

en consecuencia, las mantienen o las adoptan como su postura final.

Para conocer las causas de esos patrones en el pensamiento de los estudiantes sobre la flotación, sería necesario realizar un estudio más detallado, explorando, especialmente, qué criterios usan los estudiantes para aceptar o rechazar una demostración sobre la falsedad de una concepción.

Lograr un verdadero cambio conceptual en el tema de flotación es una tarea bastante compleja y difícilmente realizable en una sola clase.

Para lograr tal cambio, aparte de ser capaces de *hacer ciencia*, los estudiantes deben tener oportunidades múltiples de analizar la veracidad, tanto de las concepciones que se prestan fácilmente a la falseación como aquellas cuya limitada validez no es sencillo demostrar. Ese fin se puede alcanzar solamente con las secuencias de aprendizaje que requieren para su realización varias sesiones y con un diseño didáctico bien cuidado y basado en los resultados de la investigación sobre las dificultades que enfrentan los estudiantes al conceptualizar y comprender el fenómeno de flotación [13,14,15].

## REFERENCIAS

- [1] Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (*Aprender y enseñar ciencia*, Ediciones Morata, Madrid, 1998).
- [2] Campanario, J. M. y Moya, A., *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas*, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, 17–192 (1999).
- [3] Adhmi, M., Johnson, D. and Shayer, M. (*Thinking Maths*, Heinemann, Oxford, 1998).
- [4] Adey, P. (*The Science of Thinking, and Science for Thinking: A Description of Cognitive Acceleration Through Science Education (CASE)*, International Bureau of Education, Geneva, 1999).
- [5] Adey, P., Robertson, A. y Venville, G., *Effects of a cognitive acceleration programme on Year 1 pupils*, *British Journal of Educational Psychology* **72**, 1–25 (2002).
- [6] Halpin, M. y J. Swab, J., *It's the real thing—the scientific method*, *Science and Children* **27**, 30–31 (1990).
- [7] Collette, A. y E. Chiappetta, E. (*Science instruction in the middle and secondary schools*, OH: Merrill, Columbus, 1994).
- [8] Carretero, M., *¿Por qué flotan las cosas? El desarrollo del pensamiento hipotético deductivo y la enseñanza de la ciencia*, *Infancia y Aprendizaje* **8**, 7–22 (1979).
- [9] Piaget, J. (*The Child's Conception of Physical Causality*, Littlefield, Adams and Company, Totowa, New Jersey, 1966).
- [10] Inhelder, B. y Piaget, J. (*The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*, Basic Books, New York, 1958).
- [11] Loverude, M. E., Kautz, C. H. y Heron, P. R. L., *Helping students develop an understanding of Archimedes principle. I. Research on student understanding*, *Am. J. Phys.* **71**, 1178–1187 (2003).

- [12] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66**, 64–74 (1998).
- [13] Gang, S., *Removing preconceptions with a “learning cycle”*, Phys. Teach. **33**, 346–354 (1995).
- [14] Heron, P. R. L., Loverude, M.E., Shaffer, P.S. y McDermott, L. C., *Helping students develop an*

*understanding of Archimedes principle. II. Development of research-based instructional materials*, Am. J. Phys. **71**, 1188–1195 (2003).

- [15] Jackson, D. P., Laws, P. W. and Franklin, S. V. (*Explorations in Physics. An Activity-Based Approach to Understanding the World*, John Wiley and Sons, New York, 2003).