

# Explicación de fenómenos científicos en la formación inicial del profesorado: la flotabilidad de los cuerpos

Fernández Monteiro, S.; Álvarez Pérez, V.M.; Crujeiras Pérez, B. y Jiménez Aleixandre, M.P.

*Dept. de Didáctica das CC Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela.*

[sabela.fernandez.monteira@usc.es](mailto:sabela.fernandez.monteira@usc.es)

## RESUMEN

El trabajo aquí presentado hace una revisión de la calidad de las explicaciones proporcionadas por pequeños grupos de alumnos del Grado de Maestro en Educación Primaria sobre fenómenos de flotación en el contexto de unas prácticas de laboratorio. Observamos que, en general, las explicaciones proporcionadas por el alumnado contemplan pocas magnitudes, lo que puede ser debido al uso de un limitado conjunto de modelos de flotación. A partir de los datos obtenidos, concluimos que la discusión en el aula acerca de diferentes experiencias de flotación desde diversas perspectivas, contribuiría a mejorar la calidad de los modelos explicativos que el alumnado construye y el número de magnitudes que éstos tienen en cuenta.

## Palabras clave

Competencia científica, explicación, formación inicial, flotación

## MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

La competencia científica es el eje vertebrador de los currículos actuales, en particular la evaluación internacional PISA se centra en las competencias del alumnado y no en los contenidos curriculares. Según PISA, la competencia científica comprende “*La capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en hechos, con el fin de comprender y poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que ha producido en él la actividad humana*” (OCDE, 2006). La Unión Europea, en el año 2006, estableció ocho competencias clave con el objetivo de formar ciudadanos críticos en una sociedad del conocimiento. Como novedad, suponen la puesta en práctica de las mismas en contextos y situaciones nuevas e integran conceptos, destrezas y actitudes (Jiménez Aleixandre, 2010; Pro, 2012).

En particular, la competencia científica comprende varias dimensiones interrelacionadas:

- (i) Identificación de cuestiones científicas.
- (ii) Argumentación y uso de pruebas.
- (iii) Uso de modelos en la interpretación y predicción de fenómenos.

De las tres dimensiones de la competencia, este trabajo se centra en la (iii), uso de modelos, en particular en la explicación de fenómenos de manera científica, que implica aplicar el conocimiento de ciencias en una situación determinada, describir o interpretar fenómenos y predecir cambios e identificar descripciones, explicaciones y predicciones adecuadas.

El objetivo de la Ciencia es la elaboración de teorías que proporcionan explicaciones

sobre el mundo (NRC, 2012), por tanto hacer que el alumnado proponga explicaciones sobre la observación de fenómenos de la vida cotidiana permite: que participe en las prácticas científicas y, por lo tanto, tenga una visión más coherente de la naturaleza del trabajo científico.

Esta dimensión de la competencia se relaciona con la práctica científica de elaboración de explicaciones (NRC, 2012). Según este documento: *“Pedir al alumnado que explique cómo comprende las implicaciones de una idea científica a través del desarrollo de sus propias explicaciones sobre un fenómeno, lo hace participar en una parte esencial del proceso”*.

Escoger un modelo explicativo en particular implica una reflexión sobre la naturaleza, límites del problema y la manera en que se puede abordar. Esta reflexión sobre el modelo acerca al alumnado a la forma en que las ciencias se construyen. Observamos que en la historia de la ciencia existen distintos modelos referentes a la flotación (Arquímedes, Galileo, densidades -o peso específico-, diferencia de presiones y energía mínima), con diferente poder explicativo que se corresponden con conjuntos diferentes de ideas centrales. En la enseñanza de la flotación se ha venido usando una versión galileana del Principio de Arquímedes, en la que se incluye la comparación de densidades. Con este modelo es posible predecir el fenómeno de la flotación en una situación particular, pero sin embargo no proporciona una explicación científica al mismo (Álvarez Pérez y Bernal Gomez, 2000).

Para Jiménez Aleixandre y Gallástegui (2011), la participación del alumnado en las prácticas científicas está relacionada con el desarrollo de las competencias científicas. El aprendizaje está relacionado con el contexto en el que se aprende y utiliza el conocimiento, por lo que se debe implicar al alumnado en actividades propias del mundo científico, en la cultura científica. Si queremos trabajar la explicación y argumentación en ciencias, debemos realizar actividades que promuevan que el alumnado tome parte en estas prácticas. Según Brown (1992), un contexto favorecedor para ello es el de grupos de trabajo entre iguales enfrentados a un problema motivador.

En este estudio pretendemos poner de manifiesto la necesidad de formar al profesorado de primaria para que, en el ejercicio de su labor docente, utilice estrategias encaminadas al desarrollo de la competencia científica. Aunque el desarrollo de la competencia científica se evalúa principalmente en el alumnado de secundaria, es necesario empezar a trabajarla desde primaria, prueba de ello es la evaluación diagnóstica de 4º de primaria, en la que una de las competencias relevantes es la científica.

El objetivo de este trabajo es examinar cómo el profesorado en formación utiliza el conocimiento científico para explicar las observaciones realizadas en el laboratorio.

## **METODOLOGÍA**

### **Participantes y contexto**

Los participantes son alumnado de 2º curso del grado de maestro en Educación Primaria (N=65) cursando la materia Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales I, trabajando en 17 grupos de 3-5 estudiantes. La sesión (90 minutos) aborda la flotabilidad de los cuerpos y consta de dos fases: en la primera se realiza una experiencia para comprender la distinta flotabilidad de los cuerpos en la que el alumnado identifica la densidad como propiedad determinante de la flotabilidad y se trabaja el Principio de Arquímedes. No se ha hecho un test de conocimientos previos

sobre flotación.

La segunda fase de la sesión consiste en cuatro experiencias sobre flotación, presentadas como un concurso tipo yincana en el que los participantes tienen que aplicar los conocimientos adquiridos sobre la flotabilidad para explicar las diferencias en el comportamiento de los cuerpos al sumergirlos en agua. En este trabajo nos centramos en las explicaciones del alumnado relativas a la segunda fase. Con anterioridad a esta sesión se trabajó la explicación en relación a otros contenidos utilizando distintas actividades prácticas.

### **Diseño de la secuencia de actividades**

La secuencia de actividades (ver anexo) consiste en cuatro experiencias sobre la flotabilidad de los cuerpos que aparecen con frecuencia en libros de texto y webs educativas.

En la *experiencia 1*, el alumnado tiene que observar qué sucede cuando introduce un huevo fresco en agua del grifo y en agua con sal y explicar a qué se debe la diferencia de comportamientos.

En la *experiencia 2*, el alumnado tiene que introducir en agua una bola de papel de aluminio con clips dentro y observar qué sucede. Luego tiene que retirar el material del agua, deshacer la bola y pensar, planificar y explicar cómo hacer que los dos materiales floten en el agua.

La *experiencia 3* consiste en observar y explicar la diferencia de comportamiento de una lata de refresco (coca-cola) normal y sin azúcar al sumergirlas en agua.

La *experiencia 4* consiste en observar y explicar la diferencia de comportamiento de un limón con piel y sin piel cuando se introduce en agua.

Debemos señalar que en la *experiencia 2* se demanda de los alumnos que elaboren y describan una estrategia para hacer que los dos materiales floten en el agua. No se les pide de forma explícita que formulen una explicación de por qué deberían flotar.

### **ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Este trabajo se centra en el análisis del contenido de las explicaciones que cada grupo da a las observaciones que realizan. Estas explicaciones se recogen por escrito al final de la sesión y se analizan por medio de una rúbrica elaborada en interacción con los datos. En la rúbrica analizamos si relacionan los elementos de conocimiento (magnitudes) para proponer una explicación y cuántos elementos relacionan, que se corresponde con el nivel 4 para la competencia en explicar fenómenos de manera científica (OCDE, 2008).

La rúbrica para analizar los datos se ha establecido a partir de los mismos, siendo las categorías:

Experiencia 1:

Cat 1.I: No explica

Cat 1.II: Explica la observación utilizando una magnitud (densidad)

Cat 1.III: Explica la observación utilizando tres magnitudes (densidad, empuje, peso)

Experiencia 2:

(a) Descripción de la estrategia

Cat 2a.I: No describe ninguna estrategia

Cat 2a.II: Propone dar forma (plana, de barco, o cesta) a uno de los materiales

Cat 2a.III: Propone permitir la entrada de aire en el material o bien impedir la entrada de agua

(b) Soporte de la estrategia con una explicación:

Cat 2b.I: No explica

Cat 2b.II: Explica sin usar magnitudes (solamente ausencia o presencia de aire)

Cat 2b.III: Explica usando una magnitud (densidad)

Cat 2b.IV: Explica usando una magnitud (material)

Cat 2b.V: Explica usando dos magnitudes (superficie, empuje)

Experiencia 3:

Cat 3.I: No explica

Cat 3.II: Explica usando una magnitud (densidad)

Cat 3.III: Explica usando una magnitud (cantidad de azúcar)

Cat 3.IV: Explica usando dos magnitudes (cantidad de azúcar, densidad)

Cat 3.V: Explica usando tres magnitudes (cantidad de azúcar, densidad, tipo de material)

Experiencia 4:

Cat 4.I: No explica

Cat 4.II: Explica sin usar magnitudes (solamente ausencia o presencia de aire en los poros de la piel del limón)

Cat 4.III: Explica usando una magnitud (densidad)

Cat 4.IV: Explica usando dos magnitudes (densidad, volumen)

	Categorías	Nº Magnitudes	Nº Grupos
Exp. 1	1.I	---	1
	1.II	1	14
	1.III	3	2
Exp. 2	2a.I	---	3
	2a.II	---	11
	2a.III	---	3
	2b.I	---	10
	2b.II	0	2
	2b.III	1	3
	2b.IV	1	1
2b.V	2	1	
Exp. 3	3.I	---	1
	3.II	1	4
	3.III	1	1
	3.IV	2	10
	3.V	3	1
Exp. 4	4.I	---	1
	4.II	0	7
	4.III	1	6

	4.IV	2	3
--	------	---	---

Tabla 1. Resume el número de grupos en cada categoría y número de magnitudes empleadas en la explicación.

En la explicación de la experiencia 1, un sólo grupo no ofrece explicación a por qué flota el huevo en agua salada, la mayoría de los grupos (14) hacen referencia a la densidad en su explicación y solamente dos grupos realizan una explicación en términos de densidad, empuje y peso. Grupo 3: “Al añadir sal en el agua, lo que hacemos es aumentar la densidad del agua. Así, logramos que el empuje sea mayor que el peso del huevo, entonces el huevo flota”.

En cuanto a la experiencia 2, tres grupos no son capaces de elaborar una estrategia para que los clips y el papel de aluminio no se hundan, la mayor parte (11) deciden dar forma de barco o cesta al papel de aluminio, o bien estirarlo para obtener una forma plana. Otros tres grupos mencionan la necesidad de impedir que entre agua o bien permitir que se incorpore aire al material: "Si donde se encuentra el clip no entra agua, el aluminio flota junto con el clip" (Grupo 9). Muchos de los grupos tienen en consideración su experiencia previa, el conocimiento de que los barcos flotan: "cuando en el 'barco' entra agua, se va al fondo" (Grupo 8). En cuanto a la explicación, la mayor parte de los grupos (10) no ven la necesidad de sostener su estrategia con una explicación, cuatro grupos acompañan una explicación que incluye una magnitud: densidad (3) o material (1) (características del mismo) y un grupo utiliza dos magnitudes: superficie de contacto y empuje. Dos grupos proporcionan una explicación que no incluye magnitudes y atribuyen el hecho de flotar o hundirse a la presencia o ausencia de aire.

En cuanto a la tercera experiencia, casi la totalidad (diez de diecisiete) explica que la mayor cantidad de azúcar hace que la densidad del refresco sea mayor y, por tanto, se hunda. Sólo uno de los grupos reflexiona sobre el material del que está hecha la lata (grupo 6: “Llegamos a la conclusión de que el metal no aísla las propiedades del contenido del refresco”), aunque no llega a una conclusión científicamente aceptable. Cinco grupos ofrecen explicaciones que incluyen una magnitud: densidad (4) o bien cantidad de azúcar (1).

En la experiencia 4, la mayor parte de los grupos (9) proporciona una explicación que incluye una magnitud (6), densidad, o dos magnitudes (3): densidad y volumen. De los restantes grupos uno no ofrece una explicación y los otros siete no usan magnitudes en su explicación, haciendo referencia a la presencia o ausencia de aire en la piel del limón, así como su posible impermeabilidad.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En general, las explicaciones ofrecidas por los alumnos son pobres en términos de magnitudes utilizadas (0, 1 o 2), así como en cuanto a la elaboración de las mismas. En caso de utilizar alguna magnitud, la mayor parte de los grupos utilizan la densidad aunque no siempre de forma correcta. Este hecho es consecuencia de la versión galileana del Principio de Arquímedes, que establece la comparación de densidades como predictor acerca de si un cuerpo flotará o se hundirá en el seno de un líquido. Debemos señalar que tanto el Principio de Arquímedes como la versión de Galileo del mismo, son modelos con poco poder explicativo, ya que aunque permiten predecir el hecho de flotar, no proporcionan soporte teórico a por qué los cuerpos flotan (Álvarez

Pérez y Bernal Gomez, 2000).

Observamos también la ausencia de un modelo definido a la hora de elaborar las explicaciones. Parece que el contexto de cada experiencia determina las magnitudes que se usan. Así para la experiencia 1 la magnitud más usada es la densidad, en la experiencia 3 la ausencia o presencia de azúcares en el refresco y en la experiencia 4 no se emplean magnitudes más allá de la presencia o ausencia de agua por efecto de la piel del limón. Por tanto no parece existir un modelo interpretativo que permita sostener de forma unificada explicaciones acerca de la flotación. Por el contrario, las explicaciones dependen del contexto del problema.

La presencia de conceptos relativos al equilibrio de fuerzas es meramente testimonial y no aparecen como un modelo definido, sino como elementos sueltos que se mezclan con afirmaciones relativas a la densidad. Para elaborar una explicación científica es necesario ser consciente del modelo que se utiliza, cuáles son sus límites y posibilidades de aplicación, así como en qué se diferencia de otros modelos acerca del mismo fenómeno y cuáles son sus ventajas o desventajas.

Por otra parte, algunos de los grupos no aportan una explicación de lo observado cuando se les pide. Describen lo observado, sin ser conscientes de que describir no es explicar.

## **CONCLUSIONES**

A la vista de estos resultados, consideramos que una estrategia didáctica que tenga entre sus metas mejorar la calidad de las explicaciones del alumnado debería incluir la posibilidad de experimentar un mayor número de experiencias de flotación. Creemos que la discusión de fenómenos en el aula haciendo uso de modelos diferentes y en distintos contextos, contribuye al desarrollo de explicaciones de mayor calidad, facilitando el uso e incorporación de un mayor número y variedad de magnitudes en las explicaciones que el alumnado proporciona.

## **Agradecimientos**

Al proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad EDU2012-38022-C02-01. S. Fernández Monteiro disfruta de un contrato BES-2013-062873, asociado a este proyecto.

Agradecemos también la ayuda de la Xunta de Galicia, Consellería de Educación, proyecto de investigación CN 2012/054.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Álvarez Pérez, V. M., Bernal Gómez, M. A. (2000). Explicaciones cotidianas y científicas sobre flotar y hundirse. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* 25, 55-65.

Brown, A.N. (1992): Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 141-178.

Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave: en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

Jiménez Aleixandre, M.P., Gallástegui, J.R. (2011). Argumentación y uso de pruebas: construcción, evaluación y comunicación de explicaciones en Física y Química”. En *Didáctica de la Física y de la Química* (Aureli Caamaño, coord.). Barcelona: Graó.

National Research Council. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2006). PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. Madrid: Santillana-MEC.

Pro, A. (2012). Hacia la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 5-8.

## Anexo 1: Secuencia de actividades

A continuación vas a realizar 4 experiencias sobre la flotación de los cuerpos en agua. Trata de explicar lo que observas.

### Experiencia 1

- a) Llena un vaso con agua del grifo y coloca lentamente un huevo crudo en el agua, ¿qué observas?
- b) Retira el huevo y añade unas cucharadas de sal. Coloca el huevo de nuevo, ¿qué observas?
- c) ¿Cómo explicas la diferencia de comportamientos?

### Experiencia 2

- a) Llena un recipiente con agua del grifo, envuelve los clips en el papel de aluminio y colócalo en el recipiente con agua, ¿qué observas?
- b) Retira la bola de aluminio del agua y recupera los materiales iniciales (clips y papel de aluminio)
- c) Utiliza los materiales de nuevo de forma que consigas que ambos floten en el agua, ¿cómo harías?

### Experiencia 3

- a) En el recipiente con agua introduce una lata de refresco “normal”, ¿qué observas?
- b) Retira la lata anterior y coloca ahora una de refresco sin azúcar, ¿observas lo mismo?
- c) ¿Cómo explicas la diferencia de comportamientos?

### Experiencia 4

- a) En el recipiente con agua introduce un limón, ¿qué observas?
- b) Retira el limón y coloca ahora uno pelado, ¿observas lo mismo?
- c) ¿Cómo explicas la diferencia de comportamientos?