

La intuición infantil sobre *El Empuje de Arquímedes* para la enseñanza-aprendizaje de la flotación en edades tempranas

Sebastián Cardenete García¹, Elena Corredera Díaz², M.^a Carmen Cortés Urbán³, M.^a Isabel Gejo Martín⁴, Victoria López Gimeno³, Carlos Macías Laperal⁵, José Morocho Martín⁴, Patxi Olaiz Goñi³ y M.^a Carmen Ortiz Gálvez²

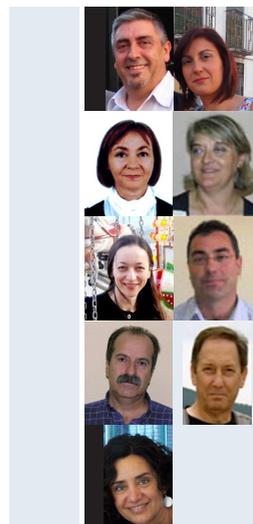
¹ Profesor de Biología y Geología del I.E.S. Litoral en Málaga

² Asesoras del CEP de Málaga

³ Asesoras/les del CAP de Pamplona

⁴ Asesores/as del CFIE de Zamora

⁵ Director del CFIE de Zamora



Palabras clave

Arquímedes, empuje, flotación, peso, aprendizaje ciencia, edades tempranas.

Resumen

Este trabajo se ha planteado dos objetivos. Uno de ellos ha sido la creación y validación de una prueba que permita comprobar si los niños/as desde las primeras edades escolares (3, 4, 5, 6 y 7 años) reconocen la existencia de una fuerza en sentido inverso a la gravedad, sobre un cuerpo sumergido en el agua: el empuje.

Dentro de una investigación más amplia, nos interesa avanzar en el análisis de sus percepciones intuitivas y su conocimiento sobre el factor «peso» de un cuerpo antes de estar sumergido en un líquido, en este caso el agua, y el factor «empuje» sobre el mismo cuerpo una vez sumergido en dicho líquido. También de manera colateral analizaremos su capacidad para plantear hipótesis oralmente y la concordancia de estas con su representación gráfica.

Defendemos que desde las edades más tempranas, los niños y niñas son conscientes de la existencia de un empuje en sentido contrario a su peso, una vez que se sumergen en un líquido. Entendemos que esta intuición procede de sus vivencias personales y que se puede extrapolar a la enseñanza de la ciencia, en concreto a la flotación y «el principio de Arquímedes». Al mismo tiempo, investigamos si la variable sexo es relevante. Los resultados muestran que la flotación y «el principio de Arquímedes» pueden estudiarse y trabajarse en las primeras edades ya que de manera intuitiva y experiencial reconocen su existencia. Estos resultados reflejan asimismo que la variable sexo no es determinante, ya que no se obtienen diferencias significativas entre niños y niñas.

* E-mail de la autora: marivi.creena@gmail.com.

Introducción

Antes de nacer todos los seres humanos experimentan la sensación de flotar en un líquido, el líquido amniótico. Esta sensación se convierte en vivencia comparativa cuando desde recién nacidos perciben el empuje del agua sobre su cuerpo al ser sumergidos en la bañera para su higiene.

Consideramos que esta vivencia pueden trasladarla a un cuerpo u objeto externo ya que desde pequeños los niños/as juegan en la bañera con diferentes objetos experimentando la fuerza que deben ejercer sobre un cuerpo para sumergirlo y el empuje que este recibe y que lo dirige hacia arriba. A partir de esta situación, sostenemos que la enseñanza/aprendizaje de la flotación y «el principio de Arquímedes» puede ser abordada en la escuela desde las primeras edades.

El debate y discurso por parte de la comunidad educativa y científica sobre la conveniencia o no de enseñar ciencia a los más pequeños/as, se ha centrado en los últimos tiempos en la capacidad de estos para entender conceptos y contenidos científicos en edades tempranas.

Nos interesa especialmente analizar los valores implícitos y explícitos que subyacen en la manera de prejuizar desde una perspectiva sociocultural, la capacidad de los niños y niñas para entender los fenómenos de la naturaleza y su aplicación en el estudio de la ciencia. Echamos en falta investigaciones relevantes que indaguen sobre esta teoría. Por ello, hemos intentado desarrollar un modelo de prueba que permita una recogida de datos y su posterior análisis cuantitativo y cualitativo.

Al mismo tiempo hemos aprovechado la prueba evaluadora para obtener información sobre la capacidad de los niños y niñas para elaborar hipótesis relacionadas con el experimento y su competencia para trasladar lo expuesto oralmente a una representación gráfica.

Una vez creado, revisado, adaptado y acordado el modelo de prueba y el protocolo para la recogida de datos, hemos pasado dicha prueba a 216 sujetos con edades comprendidas entre los 3 y los 7 años, analizando la variable sexo.

Método

Participantes

Participaron en el estudio 216 niños y niñas de entre 3 y 7 años, escolarizados en colegios públicos de Málaga, Navarra y Zamora. De ellos, 116 eran niñas y 100 niños.

Realizaron las pruebas según su edad en grupos de tres sujetos en cada sesión. La duración media de cada sesión era de veinte minutos. El número de niños y niñas en cada tramo de edad se repartió de la siguiente manera: 3 años (31), 4 años (82), 5 años (45), 6 años (20) y 7 años (38).

Procedimiento

Debemos señalar el previo proceso de validación y control de los instrumentos y el protocolo de actuación durante el desarrollo de las pruebas, que se realizó varios meses antes de la recogida final de datos.

En los primeros experimentos realizados por el equipo de investigación para la explicitación de ítems fuimos descubriendo dificultades en la puesta en práctica. Tras la realización del primer análisis de las grabaciones realizamos un ejercicio de clarificación de apartados en los que no coincidíamos:

- Pasador/a de la prueba: no señalar de manera gestual a los niños/as la confirmación o no de hipótesis.
- Pasador/a de la prueba: mantenerse neutral en la experimentación.
- Roles: clarificar el rol del pasador/a del experimento y el rol del profesor/a acompañante en los grupos.
- Simplificar las preguntas para evitar reinterpretaciones.
- Simplificar el número de objetos a sumergir y colgar de cara a potenciar respuestas más seguras en los niños teniendo en cuenta la edad temprana de los mismos.

Mantuvimos una reunión con los asesores y profesorado implicado en el estudio, en la cual puntualizamos y redefinimos:

- Los materiales del experimento:
 - De tres botellas iniciales, pasamos a dos.
 - De muelles para colgar las botellas, pasamos a elásticos.
 - De cubeta grande y sistema de llenado lento con tubo pasamos cubetas medianas y llenado manual más fácil.
 - De *gomets* que dificultaban la identificación de los objetos para señalar las hipótesis, pasamos a pegatinas con la imagen en color de las fotos.

- La metodología:

- De grupos de 5 niños/as pasamos a grupos de 3 niños/as.
- De grabar cada sesión y extraer anotaciones a partir de estas, pasamos a elaborar una plantilla estándar para el registro que facilitase la recogida *in situ* de la información.
- De unas pautas de actuación de los pasadores/as más flexibles y espontáneas, pasamos a consensuar un protocolo cerrado con preguntas encadenadas según las posibles respuestas, sin dejar espacio para la improvisación.

El alumnado participante fue evaluado con la «Prueba sobre intuición infantil y flotación» aplicada durante el último trimestre del curso 2012-13, fuera del horario de clase por el equipo responsable de pasar las pruebas en cada provincia. Estos equipos estaban compuestos por maestras/os de referencia para el alumnado, que en ocasiones contaba con el apoyo de un asesor/a del Centro del Profesorado de su Comunidad Autónoma que participaba en el Proyecto ARCE «Formación en ciencias. Experimento que funciona» (CEP Málaga, CAP Pamplona y CFIE Zamora).

Una vez recogidos los datos, fueron analizados por el equipo de investigación utilizando una hoja de cálculo Excel para un análisis cuantitativo de los porcentajes obtenidos y un análisis cualitativo de las anotaciones recogidas durante las pruebas. Las pruebas constaban de tres partes diferenciadas, que hemos denominado Fases I, II y III.

En primer lugar, Fase I, se les presentó a los participantes todos los materiales (**Imagen 1**) que se iban a utilizar en la investigación:

- 1 cubeta en cuya parte posterior había dos líneas de diferente color y a diferente altura para que sirviesen de referencia.
- 2 botellas rellenas de distinta sustancia: una de agua tintada y otra con arena. En la parte superior, en el tapón, llevan un gancho del cual se colgarían durante la investigación.
- 2 elásticos.
- 1 ficha de recogida de datos individual y con unas líneas de color que representaban las líneas de la cubeta a diferentes alturas.
- 4 pegatinas con la foto en color de las botellas, dos para la Fase II y dos para la Fase III.
- 2 soportes y 1 barra transversal de donde iban a ser colgadas las botellas.
- 1 jarra/garrafa de agua para rellenar la cubeta en la Fase III.

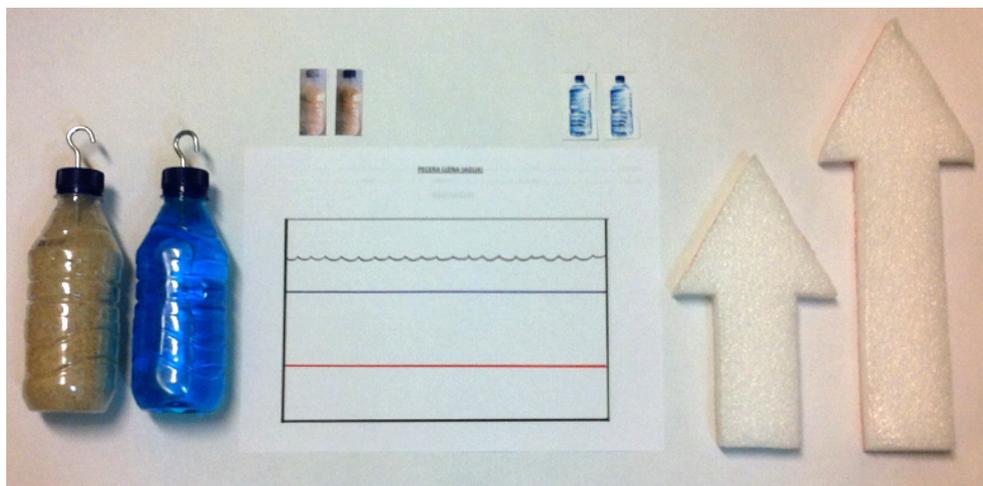


Imagen 1. Parte de los materiales utilizados durante la investigación.

Se animó a los niños y niñas para que manipulasen dichos materiales mientras el pasador/a de la prueba anotaba en la plantilla de recogida de datos la información relativa a los ítems elaborados para esta Fase I. Las opciones de respuesta para anotar eran Si/No/Blanco. Los ítems registrados respondían a:

- Establece relación entre el elástico y la botella (cuelga de manera espontánea la botella del elástico).
- Manipulación de los materiales:
 - Botella (calibra su peso).
 - Elástico (lo estira).
 - Elástico (expresa la capacidad de que vuelva a su posición original).
- Reconoce y señala las características de las botellas en relación a:
 - Peso diferente.
 - Color diferente.
 - Forma igual.
 - Relleno diferente.

Los datos recogidos en esta Fase I, servirían para poder valorar si todo el alumnado de la prueba partía de situaciones similares, como filtro para el inicio de la investigación.

Posteriormente, se realizó la Fase II a la que denominamos «cubetas vacías», consistente en entregar a cada niño/a una plantilla que representaba la cubeta vacía, con dos líneas de diferente color que representaban diferentes alturas dentro de

esta. Asimismo se les entregaron dos pegatinas con la foto en color de las dos botellas. Se les explicó que las botellas iban a colgarse de los elásticos que eran iguales entre sí (**Imagen 2**) y que ellos debían señalar a qué altura iba a quedar cada botella una vez suspendidas del elástico correspondiente. Primero lo tuvieron que expresar de manera oral y luego tuvieron que colocar la pegatina en la plantilla señalando el lugar en que consideraron que iba a quedar cada botella. En esta



Imagen 2. Botellas colgando en la Fase II del proyecto: «cubetas vacías».

Fase II, las opciones de respuesta que el equipo investigador anotaba eran Si/No/Blanco, en relación a los siguientes ítems:

- La hipótesis que expresaban oralmente estaba relacionada con el experimento.
- La hipótesis oral concordaba con la hipótesis gráfica (pegatinas en plantilla).
- Una vez realizado el experimento, la hipótesis se confirmaba o no en la comprobación con la botella de agua y con la botella de arena.
- Elegían entre las dos flechas la del tamaño correcto para señalar la intensidad de la fuerza (peso). Poca=pequeña / mucha=grande.
- Colocaban la flecha seleccionada señalando el sentido correcto de la fuerza (peso), con la punta hacia arriba o hacia abajo.

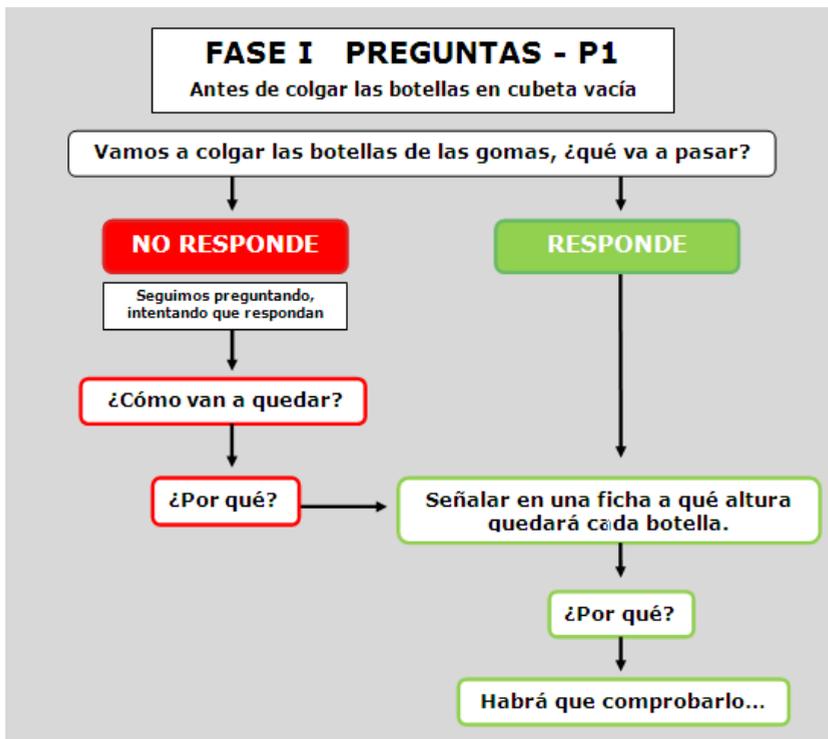
En la Fase III, denominada «cubetas llenas» se repetían los mismos pasos que en la Fase II con la peculiaridad de que ahora las botellas ya estaban colgadas y lo que debían hacer era plantear sus hipótesis sobre qué iba a suceder a dichas botellas cuando llenásemos la cubeta de agua. Las opciones de respuesta que el equipo investigador anotaba eran, de nuevo, Si/No/Blanco, en relación a los mismos ítems:

- La hipótesis que expresaban oralmente estaba relacionada con el experimento.
- La hipótesis oral concordaba con la hipótesis gráfica (pegatinas en plantilla).

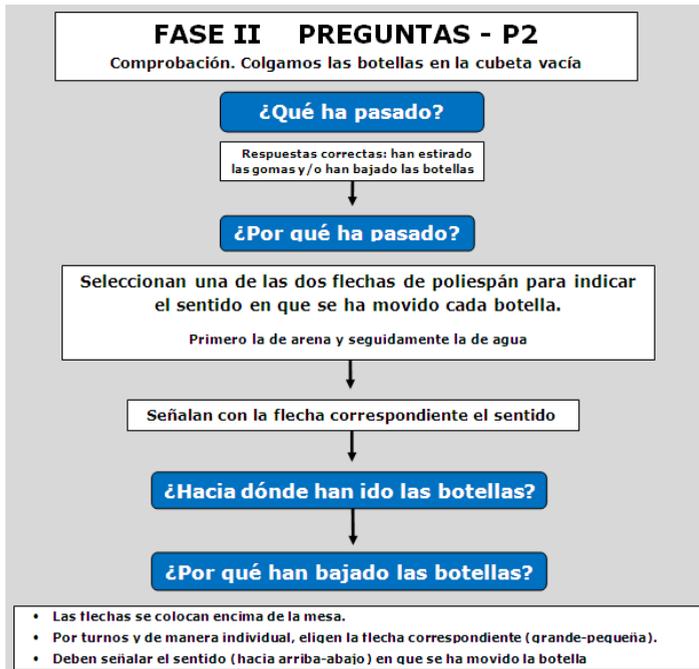
Una vez realizada la hipótesis (pegatinas pegadas), se procede a llenar la cubeta de agua y se anotan los resultados en relación a los ítems:

- La hipótesis se confirmaba o rechazaba en la comprobación con la cubeta llena de agua, tanto para la botella de agua como para la botella de arena.
- Elegían entre las dos flechas la del tamaño correcto para señalar el tamaño de la fuerza (peso). Poca=pequeña / mucha=grande.
- Colocaban la flecha seleccionada señalando el sentido correcto de la fuerza (peso), con la punta hacia arriba o hacia abajo.

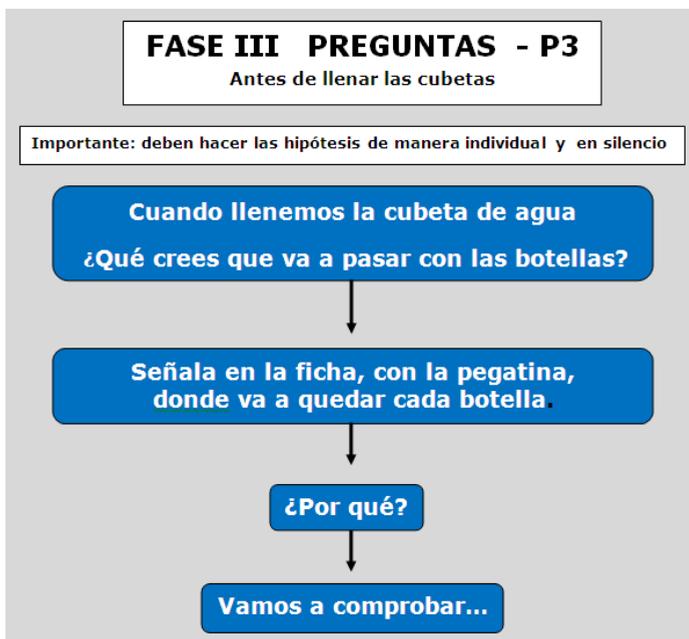
Todos los equipos responsables de pasar la prueba y anotar las observaciones contaban con una plantilla estándar para la recogida de datos y seguían el mismo protocolo de actuación. Se habían acordado y pautado las posibles intervenciones orales de los pasadores/as, buscando la máxima objetividad y neutralidad posible entre los diferentes grupos. Para ello se concretaron una serie de preguntas que se encadenan entre sí según las respuestas obtenidas (**Esquemas 1, 2, 3 y 4**).



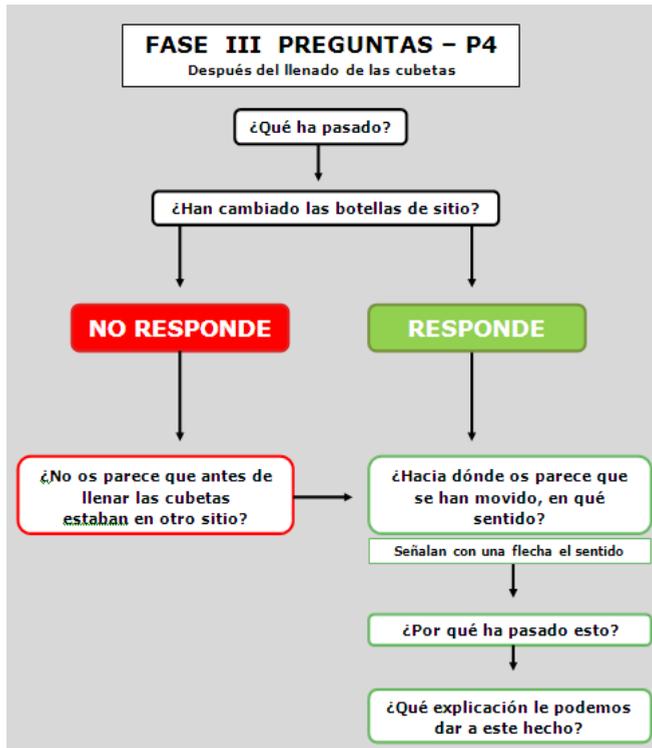
Esquema 1. Serie pautada de preguntas para la Fase I.



Esquema 2. Serie pautada de preguntas para la Fase II.



Esquema 3. Serie pautada de preguntas para la Fase III, previo al llenado de cubetas.



Esquema 4. Serie pautada de preguntas para la Fase III, posterior al llenado de cubetas.

Instrumento de medida

Las plantillas para la recogida de datos y el protocolo (Figuras 1, 2 y 3) de intervención de los pasadores de la prueba han sido elaboradas *ad hoc* para el presente estudio.

La plantilla para la recogida de datos tiene tres partes.

La primera parte consta de varios ítems acerca de la identificación de las botellas y manipulación directa de los materiales, en relación a sus características físicas (peso, color, forma y material de relleno) y algunas propiedades (los elásticos se estiran y vuelven a su forma original al dejar de hacerlo).

La segunda parte se centra en recabar información mediante ítems relacionados con el planteamiento individualizado de hipótesis sobre qué ocurrirá cuando las botellas se cuelguen de los elásticos estando la cubeta sin agua (peso).

La tercera parte versa sobre las hipótesis personales de lo que va a ocurrir a las botellas o elásticos que están colgando, cuando la cubeta se llene de agua (empuje).

EMPUJE - ARQUÍMEDES		
AGRUPAMIENTOS	TIEMPO	EDAD
<ul style="list-style-type: none"> Tres niños-as por nivel 	TOTAL: 30 minutos <ul style="list-style-type: none"> 20 min experimentación. 10 min desplazamiento y preparación 	<ul style="list-style-type: none"> Segundo ciclo de Ed. Infantil y primer ciclo de Ed. Primaria 3, 4, 5, 6 y 7 años.
INFRAESTRUCTURA: espacio, mesas, sillas, disposición de las mismas... <ul style="list-style-type: none"> Los alumnos/as deben tener una mesa para apoyar las fichas En la misma mesa se colocarán los materiales (botellas, gomas...) para que los manipule 		
ROL DEL CONDUCTOR-A DE LA EXPERIENCIA <ul style="list-style-type: none"> Identificación del alumnado (rellenar el registro en la ficha: nombre, edad, modelo, tipología de centro, sexo...) Dirigir el proceso: <ul style="list-style-type: none"> trasvase del agua reparto y recogida de fichas Cumplimentar el registro Ceñirse al guión: preguntas, tiempo Indicar al acompañante cuando deba intervenir 		
MATERIALES NECESARIOS <ul style="list-style-type: none"> Un recipiente de 12 litros (pecera) 4 gomas Tres juegos de 2 botellas de agua transparentes de 33cl. Uno para cada niño-a. Arena fina, colorante agua (para rellenar las botellas) 2 Flechas de poliespán (grande y pequeña) Ficha registro Plantilla de recogida/fotocopias preguntas encadenadas/pegatinas de las botellas 2 bidones de cinco litros de agua 2 soportes de laboratorio y 1 barra transversal 		
EXPERIENCIA <p>Los alumnos-as acudirán en grupos de tres con su tutor/a al espacio acondicionado para realizar el experimento.</p> <p style="text-align: center;">FASE I</p> <p>Una vez sentados-as el conductor-a del experimento presenta el material: se colocan las botellas y las gomas encima de la mesa y se les invita a que los manipulen (<i>se les comenta que lo manipulen con cuidado</i>).</p> <p>Se les presenta también el resto del material (pecera vacía graduada con puente y gomas).</p> <p>A continuación se les realiza las preguntas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué son? ¿Cómo son? ¿Son iguales? ¿En qué se parecen? ¿En qué se diferencian? <p>Se les pide a cada alumno-a que tomen una botella en cada mano y expresen las similitudes y diferencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Son iguales? ¿En qué se diferencian? Seguir preguntando en caso de que no expresen diferencias por peso <p>Se les informa que vamos a colgar las botellas de las gomas.</p> <p>Inmediatamente se les realiza las preguntas (Preguntas-P1)</p>		

Figura 1. Protocolo de la experiencia en Fase I.