

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 Gimeno^{*3}, Carlos Macías Laperal⁵, José Morocho Martín⁴, Patxi Olaiz Goñi³ y M.^a Carmen Ortiz Gálvez²

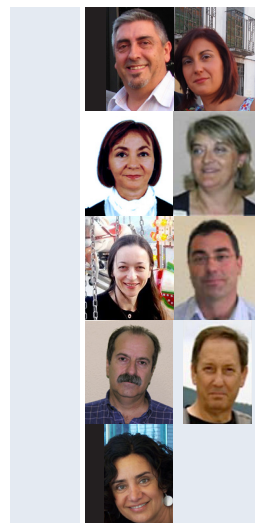
¹ Profesor de Biología y Geología del I.E.S. Litoral en Málaga

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 prejuzgar 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.

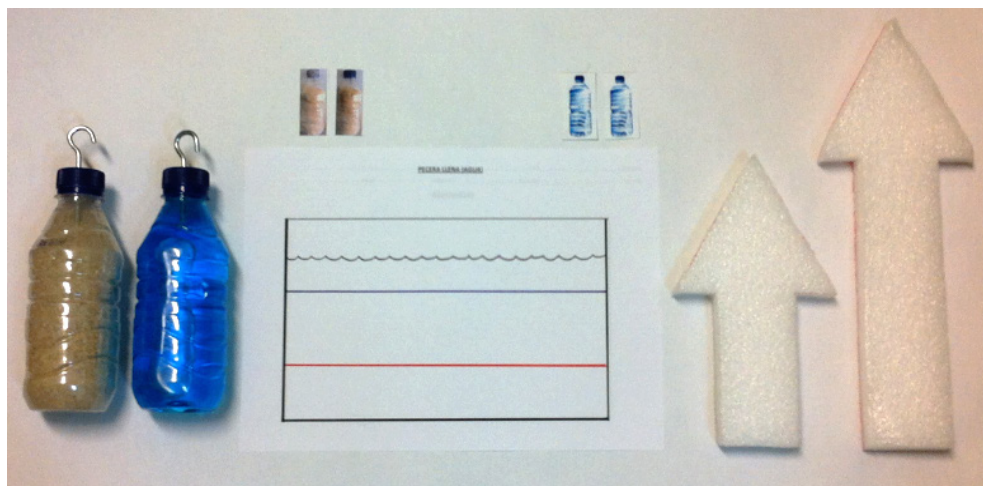


Imagen 1. Parte de los materiales utilizados durante la investigación.

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 planti-

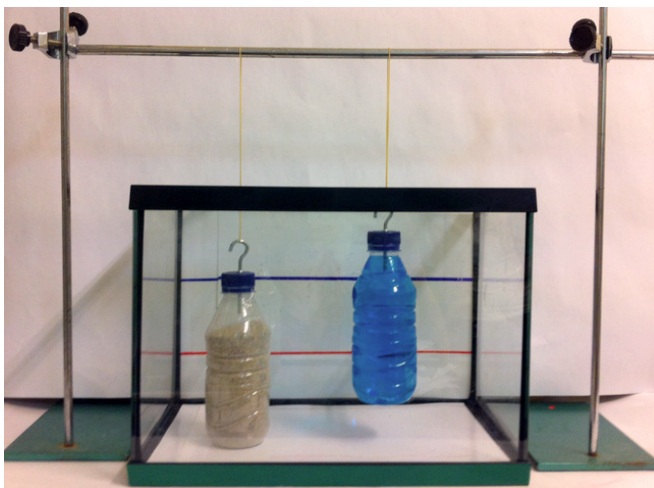


Imagen 2. Botellas colgando en la Fase II del proyecto: «cubetas vacías».

lla señalando el lugar en que consideraron que iba a quedar cada botella. En esta 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.

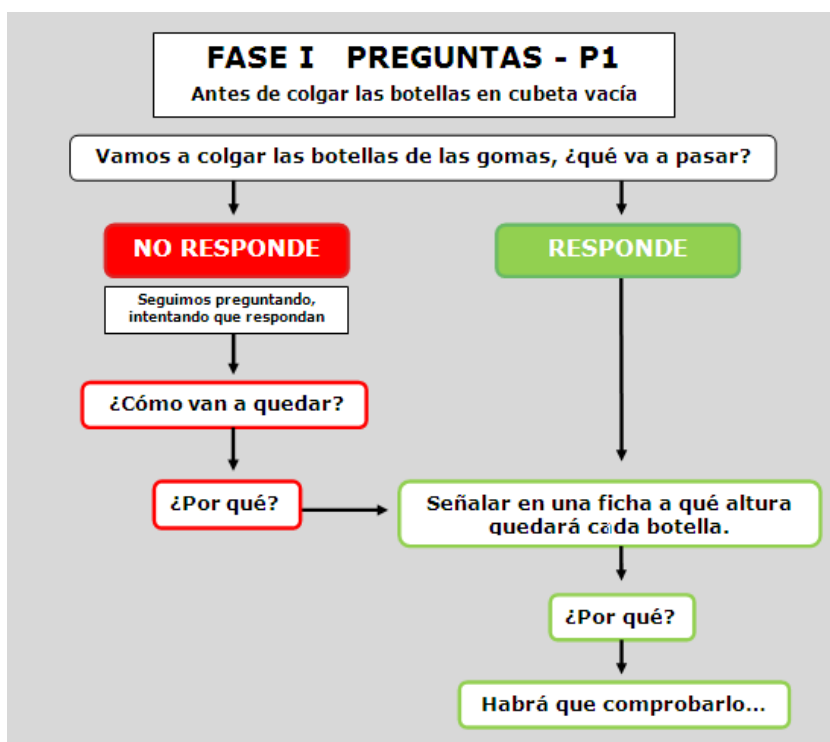
En la Fase III, denominada «cubetas llenas» se repetían los mismos pasos que en la Fase II con la peculiaridad de que ahora las botellas ya estaban colgadas y lo que debían hacer era plantear sus hipótesis sobre qué iba a suceder a dichas botellas cuando llenásemos la cubeta de agua. Las opciones de 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).

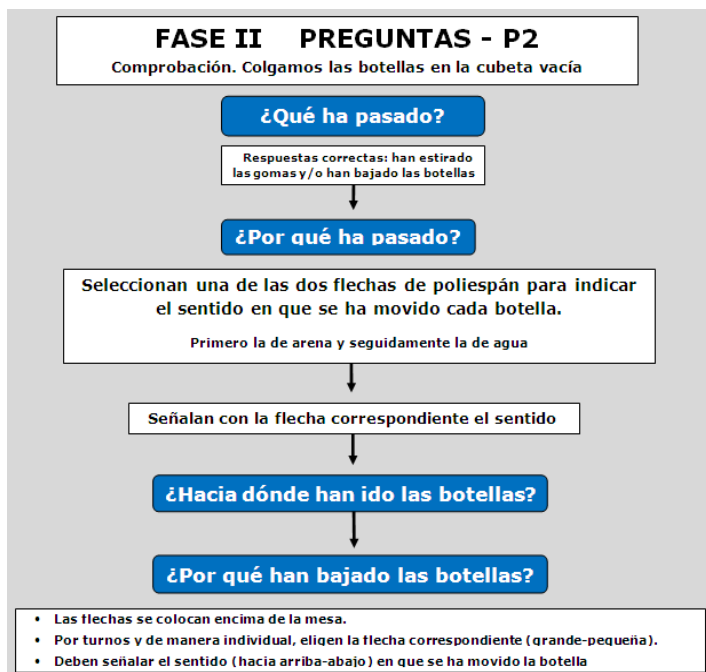
Una vez realizada la hipótesis (pegatinas pegadas), se procede a llenar la cubeta de agua y se anotan los resultados en relación a los ítems:

- 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 (empuje). Poca=pequeña / mucha=grande.
- Colocaban la flecha seleccionada señalando el sentido correcto de la fuerza (empuje), con la punta hacia arriba o hacia abajo.

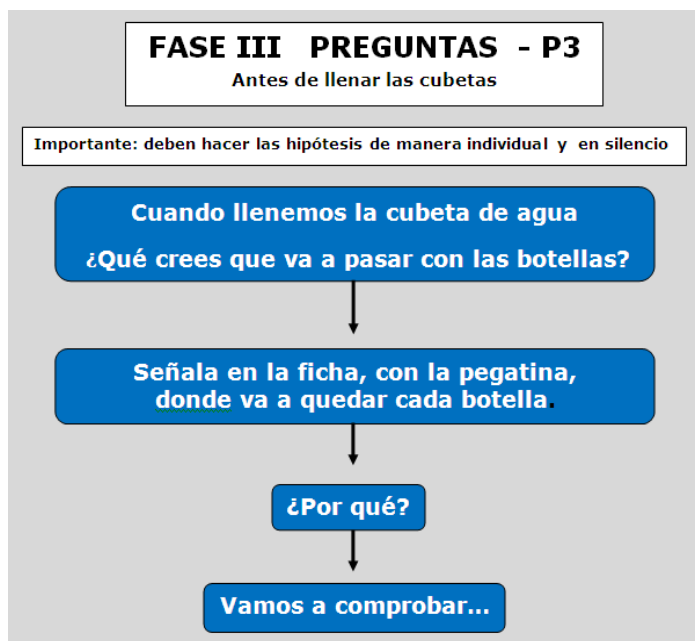
Todos los equipos responsables de pasar la prueba y anotar las observaciones contaban con una plantilla estándar para la recogida de datos y seguían el mismo protocolo de actuación. Se habían acordado y pautado las posibles intervenciones orales de los pasadores/as, buscando la máxima objetividad y neutralidad 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**).



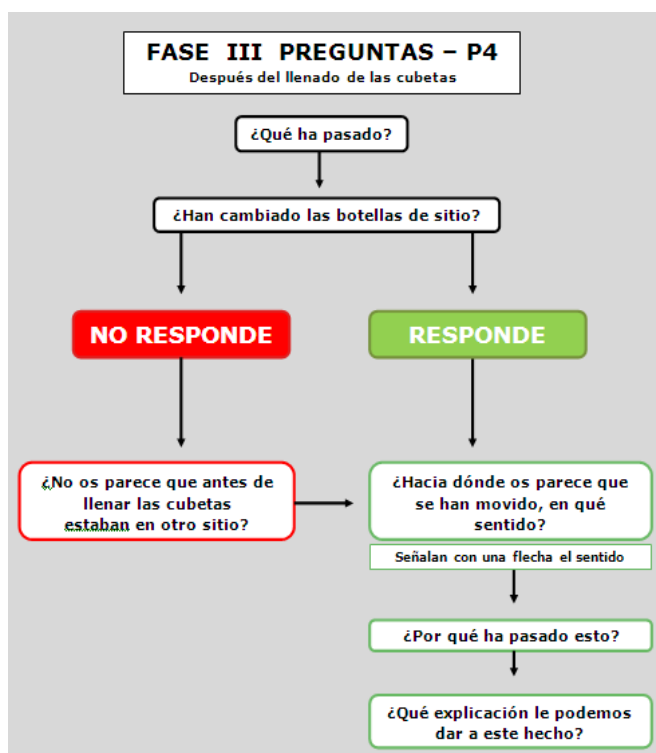
Esquema 1. Serie pautada de preguntas para la Fase I.



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
• Tres niños-as por nivel	TOTAL: 30 minutos • 20 min experimentación. • 10 min desplazamiento y preparación	• 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... • 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 • Identificación del alumnado (rellenar el registro en la ficha: nombre, edad, modelo, tipología de centro, sexo...) • Dirigir el proceso: • trasvase del agua • reparto y recogida de fichas • Cumplimentar el registro • Ceñirse al guión: preguntas, tiempo • Indicar al acompañante cuando deba intervenir		
MATERIALES NECESARIOS • 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 Los alumnos-as acudirán en grupos de tres con su tutor/a al espacio acondicionado para realizar el experimento. FASE I 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>). Se les presenta también el resto del material (pecera vacía graduada con puente y gomas). A continuación se les realiza las preguntas siguientes: • ¿Qué son? • ¿Cómo son? ¿Son iguales? • ¿En qué se parecen? • ¿En qué se diferencian? Se les pide a cada alumno-a que tomen una botella en cada mano y expresen las similitudes y diferencias: • ¿Son iguales? • ¿En qué se diferencian? • Seguir preguntando en caso de que no expresen diferencias por peso Se les informa que vamos a colgar las botellas de las gomas. Inmediatamente se les realiza las preguntas (Preguntas-P1)		

Figura 1. Protocolo de la experiencia en Fase I.

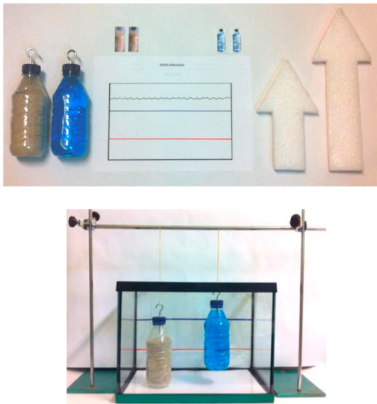
FASE II ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS (PESO): - Se les entrega las fichas de registro con su nombre - Se les indica que deben colocar las pegatinas en el lugar que creen que van a quedar las botellas cuando las colguemos de las gomas - Comprobamos que todos-as han pegado la pegatina Comprobación: - Se cuelgan las botellas de las gomas y se realizan las preguntas (Preguntas-P2) - Señalamos en cada ficha de registro con un círculo las pegatinas que han puesto ANTES de la comprobación - Se les informa que vamos a realizar el llenado de la cubeta y deben elaborar hipótesis sobre qué ocurrirá con los muelles y las botellas cuando la cubeta esté completamente llena ANTES de llenar la pecera se les realiza las preguntas (Preguntas-P3) FASE III ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS (EMPUJE): - Se le da la vuelta a las fichas de registro. Cada uno a la suya - Se les indica que deben colocar las pegatinas en el lugar que creen que van a quedar las botellas cuando llenemos la pecera de agua - Comprobamos que todos-as han pegado la pegatina Comprobación: - Se les realiza las preguntas (Preguntas-P4) SUGERENCIAS PEDAGÓGICAS: Después de realizado el experimento se creará en las aulas un rincón con parte del material utilizado (gomas, botellas). La finalidad es que sigan experimentando libremente.	
EXPLICACIÓN CIENTÍFICA: La tierra atrae la botella llena con una fuerza dirigida hacia el centro del planeta. Esta fuerza es proporcional a la cantidad de masa (medida en gramos) que constituye el objeto pesado. Debemos indicar que el peso es una fuerza y que tiene un valor, dirección y sentido por eso lo representamos con una flecha (vector) cuya longitud más o menos larga, representa 0'5 N, 1N, 2N... El empuje es la fuerza en sentido contrario al peso, que experimenta la botella según el volumen de agua que desaloja al sumergirse.	FOTO: 
POSIBLES INCONVENIENTES:	OTRAS OBSERVACIONES

Figura 2. Protocolo de la experiencia en Fases II y III.

REGISTRO INVESTIGACIÓN – ARQUÍMEDES –			
Redondead con bolígrafo el dato correcto			
SUJETO Nº	NIÑO	NIÑA	
ENTORNO-COLEGIO	RURAL	URBANO	
ETAPA	INF	PRIM	
INFANTIL CURSO	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS
PRIMARIA CURSO	1º	2º	

Señalad con una X en la casilla correspondiente:

MANIPULACIÓN PREVIA

	SI	NO
Establece relación entre el elástico y la botella		
IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETOS Y SUS PROPIEDADES		
Botellas		
Elástico (estirar)		
Elástico (vuelta a posición original)		
IDENTIFICACIÓN DE DIFERENCIAS CUALITATIVAS		
Peso		
Color		
Forma		
Material		

CUBETAS VACÍAS

ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS	SI	NO
Relacionada con el experimento		
COMPROBACIÓN		
Se confirma su hipótesis con la botella de agua		
Se confirma su hipótesis con la botella de arena		
Concordancia entre su respuesta oral y la escrita		
REPRESENTACIÓN DIRECCIÓN PESO		
Elige la flecha adecuada		
Señala el sentido correcto		

CUBETAS LLENAS

ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS	SI	NO
Relacionada con el experimento		
COMPROBACIÓN		
Se confirma su hipótesis con la botella de agua		
Se confirma su hipótesis con la botella de arena		
Concordancia entre su respuesta oral y la escrita		
REPRESENTACIÓN DIRECCIÓN EMPUJE		
Elige la flecha adecuada		
Señala el sentido correcto		

Figura 3. Plantilla de recogida de datos para todas las fases del proyecto.

Resultados

El conocimiento intuitivo y experiencial en las primeras edades (estadio preoperatorio) facilita y permite iniciar con los niños y niñas el estudio y experimentación de la flotación y «el principio de Arquímedes», con rigor y utilizando vocabulario específico (empuje, peso, densidad, etc.).

A la vista de los resultados obtenidos, la capacidad de los niños y niñas a partir de los tres años permite que reconozcan y acepten como algo natural la existencia de una fuerza (empuje) en sentido contrario al peso, cuando un objeto es sumergido en un líquido. En porcentajes generales, el 50% de los sujetos entre 3 y 7 años aciertan en sus hipótesis sobre la existencia del empuje y un 60% son capaces de señalar mediante vectores (flechas) el sentido correcto de la fuerza y la intensidad de la misma.

Es importante señalar que por franjas de edad, a los tres años el 39% de los niños y niñas confirma de manera acertada su hipótesis sobre la existencia del empuje y la intensidad del mismo. Este porcentaje aumenta progresivamente hasta alcanzar el 75% a los 6-7 años con la botella de agua. El grado de aciertos con la botella de arena (mayor peso) es más reducido y constante sin grandes diferencias por franjas de edad, situándose entre el 30 y el 58%.

La concordancia entre respuesta oral y representación gráfica muestra un crecimiento gradual y elevado partiendo de un 39% en tres años hasta 85% a los 6 y un 79% a los 7 años. Este retroceso en 7 años podría explicarse desde la teoría de Piaget quien descartó la idea de que la evaluación del pensamiento y el desarrollo cognoscitivo fuese un proceso continuo o simplemente lineal, alternando etapas de asimilación con otras de acomodación en las que el sujeto entra en un momento de crisis y busca encontrar nuevamente el equilibrio.

Investigación colateral

Aprovechando que las plantillas de registro han sido elaborados *ad hoc* para este estudio, recabamos información sobre otros aspectos que consideramos podían ser relevantes.

Otra de las hipótesis que se propuso este equipo de investigación estaba relacionada con la variable sexo (**Figura 4**). Nos interesaba analizar si el género de los sujetos era determinante en los resultados.

La hipótesis que planteamos fue: **el sexo no determina una aproximación-intuición diferente, para reconocer y aceptar la flotación y «el principio de Arquímedes».**

Partiendo del conjunto de la muestra, es decir, del total del alumnado evaluado, no se han encontrado diferencias porcentualmente significativas en cuanto al grado de aciertos y confirmación de hipótesis tanto para el peso como para el empuje, siendo los resultados obtenidos por ambos sexos muy parecidos.

Al haber recogido información sobre la capacidad de plantear hipótesis y la concordancia entre expresión oral y representación gráfica de las mismas, los resultados señalan que la variable sexo tampoco es significativa en estos casos.

PESO - CUBETAS VACÍAS						
SEXO						
Nº SUJETOS	HEMBRAS: 116 VARONES: 100		PORCENTAJE %			
			SI	NO	BLANCO	TOTAL
Hipótesis relacionada con el experimento	HEMBRAS		76	15	9	100
	VARONES		73	15	12	100
Confirmación hipótesis con la botella de...	AGUA	HEMBRAS	71	26	3	100
		VARONES	65	3	32	100
	ARENA	HEMBRAS	63	35	2	100
		VARONES	59	39	2	100
Concordancia entre respuesta oral y gráfica	HEMBRAS		56	25	19	100
	VARONES		52	24	23	100
Elección adecuada de la flecha	HEMBRAS		65	28	7	100
	VARONES		63	32	5	100
Señala el sentido correcto	HEMBRAS		62	33	5	100
	VARONES		57	39	4	100

EMPUJE - CUBETAS LLENAS						
SEXO						
Nº SUJETOS	HEMBRAS: 116 VARONES: 100		PORCENTAJE %			
			SI	NO	BLANCO	TOTAL
Hipótesis relacionada con el experimento	HEMBRAS		82	14	4	100
	VARONES		77	16	7	100
Confirmación hipótesis con la botella de...	AGUA	HEMBRAS	49	1	50	100
		VARONES	54	43	3	100
	ARENA	HEMBRAS	40	1	59	100
		VARONES	49	48	3	100
Concordancia entre respuesta oral y gráfica	HEMBRAS		64	26	10	100
	VARONES		64	10	26	100
Elección adecuada de la flecha	HEMBRAS		58	26	16	100
	VARONES		51	22	27	100
Señala el sentido correcto	HEMBRAS		60	24	16	100
	VARONES		55	16	29	100

Figura 4. Respuestas discriminadas en función del género del alumnado.

Discusión

El presente trabajo se ha planteado con un doble objetivo. Por un lado, se ha pretendido analizar en qué medida los niños y niñas conocen de manera intuitiva la existencia de la flotación y «el principio de Arquímedes», así como su competencia para plantear hipótesis, plasmarlas de manera gráfica e identificar vectores que representen el Peso y el Empuje de Arquímedes sobre un objeto. Con este primer objetivo se intenta poder demostrar que el ser humano desde las edades tempranas acepta y reconoce la existencia del Empuje de Arquímedes y que, por tanto, se puede empezar a estudiar la flotación de manera rigurosa mediante modelos adaptados a su edad, utilizando el vocabulario científico adecuado. En esta etapa de desarrollo cognitivo, la adquisición del lenguaje va unida al descubrimiento de nuevos conceptos, por tanto poner nombre a una acción repetitiva y experiencial está dentro de sus capacidades.

Por otro lado, y para poder llevarlo a cabo, se han creado unos instrumentos de medida, recogida de información y protocolo de aplicación de los mismos. Con este segundo objetivo se busca elaborar un material que pueda servir para iniciar una línea de investigación sobre la capacidad de los niños/as en las edades tempranas (3-7 años), para iniciarse en el estudio con rigor de la ciencia, promoviendo situaciones que les conduzcan a plantear hipótesis y que estos instrumentos puedan ser utilizados para investigar de manera sistemática en las primeras edades.

En cuanto al primer objetivo, se confirma que los niños en edades tempranas conocen de manera intuitiva la existencia de una fuerza en sentido contrario al peso, el empuje, y, por tanto, la flotación. El 39% de los niños/as de 3 años son capaces de plantear hipótesis acertadas, incrementándose este porcentaje hasta llegar al 75% en los 6 años, al referirse a la botella de agua, cuyo peso era muy liviano.

Resulta muy significativo que cuando el planteamiento de hipótesis es en relación a la botella de arena, cuyo peso ya es elevado, en 3, 4 y 5 años, etapa infantil, la intuición les lleva a señalar que existe un empuje. Los porcentajes de aciertos van desde el 42% en 3 años, 43% en 4 y 58% en 5 años. Sin embargo, al llegar a primaria nos sorprende que los porcentajes de acierto disminuyan drásticamente situándose en 30% en 6 años y 42% en 7 años. Podemos apuntar una posible causa (que debería servir para continuar con una línea de investigación futura) sería que los niños y niñas a partir de una edad en la generalmente el enfoque educativo y la metodología de aula es menos manipulativa y experiencial, abandonan respuestas intuitivas certeras y buscan aplicar solo los conocimientos ya estudiados.

Esto nos puede llevar a pensar que la enseñanza de la ciencia requiere un itinerario que se inicie desde la manipulación y experimentación para posteriormente ir avanzando hasta llegar a la concreción y abstracción.

En cuanto a su capacidad para plasmar hipótesis, los resultados obtenidos muestran que desde los 3 años, más de la mitad de los niños y niñas, el 65%, es capaz de plantear hipótesis sobre lo que va a ocurrir cuando un objeto va a ser sometido a la fuerza de la gravedad (colgado de un elástico), pudiendo incluso un 25% anticipar acertadamente y de manera gráfica a qué altura del suelo va a quedar dicho objeto una vez suspendido.

A partir de 4 años y hasta los 7, el porcentaje de niños y niñas que son capaces de plantear hipótesis aumenta progresivamente hasta alcanzar el 95% con la botella de agua y 82% con la botella de arena.

La misma pauta de crecimiento porcentual sucede con la capacidad para plasmar de manera gráfica lo expresado oralmente, lo que hemos denominado «concordancia entre respuesta oral y gráfica». Aunque en este caso los porcentajes concretos son más bajos, partiendo de tan solo un 26% en 3 años hasta alcanzar un 85% en 6-7 años.

Respecto a ser capaces de seleccionar la flecha adecuada para señalar la dirección y el sentido del empuje, los resultados muestran que en general según aumenta la edad, un porcentaje significativo de los niños y niñas en todas las edades analizadas, señalan correctamente la dirección y el sentido. Los porcentajes van mejorando con la edad, siendo en 3 años 58%, en 4 años 48%, 5 años 58%, en 6 años 75% y 7 años 68%.

Consideramos importante señalar que las diferencias en el tamaño de las muestras por franjas de edad no es equitativo, existiendo grandes diferencias entre el grupo de 4 años que cuenta con 82 sujetos y el resto de las edades que oscilan entre 20 y 45 sujetos por franja de edad (**Tablas 1 y 2**).

Nos gustaría apuntar también que hay otras variables que consideramos que podrían ser analizadas pero que dejamos para otra investigación futura más amplia. Por ejemplo, si existe diferencia en el aprendizaje entre el alumnado de entornos rurales y urbanos y entre escuelas con varios niveles en una misma aula o grupos de alumnado homogéneo en cuanto a edad.

CUBETAS VACÍAS								
ETAPA		INFANTIL			PRIMARIA - 1er ciclo		OBSERVACIONES	
EDAD		3 años	4 años	5 años	6 años	7 años		
TAMAÑO MUESTRA TOTAL: 216	Nº sujetos por edad:	31	82	45	20	38		
Hipótesis relacionada con el experimento	SI	55	61	91	95	89	En general con la edad aumenta el porcentaje de aciertos. La respuesta en blanco es reducida excepto en 3 años que es elevada (29%)	
	NO	16	32	0	0	3		
	BLANCO	29	7	9	5	8		
Confirmación hipótesis con la botella de...	AGUA	SI	52	61	69	70	95	Con la edad aumenta el porcentaje de aciertos. La respuesta en blanco es nula o poco significativa (0-7%)
		NO	48	32	31	30	5	
		BLANCO	0	7	0	0	0	
	ARENA	SI	52	54	56	80	82	Con la edad aumenta el porcentaje de aciertos. La respuesta en blanco es nula o poco significativa. (0-3%)
		NO	45	43	44	20	18	
		BLANCO	3	4	0	0	0	
Concordancia entre respuesta oral y gráfica	SI	26	48	56	85	74	En general aumenta con la edad. Relevante el aumento de los 3 a los 4 años. El % blanco es significativo (10-58%)	
	NO	16	37	29	5	11		
	BLANCO	58	15	16	10	16		
Elección adecuada de la flecha	SI	19	62	82	85	71	En general aumenta con la edad. Relevante el aumento de los 3 a los 4 años (43 puntos). El % blanco es significativo en 7 años (18%)	
	NO	71	34	18	15	11		
	BLANCO	10	4	0	0	18		
Señala el sentido correcto	SI	29	63	78	55	55	Significativo: retroceso y estancamiento de aciertos en 6 y 7 años. Elevado % de blanco en 7 años. ¿Causas?	
	NO	71	33	22	45	26		
	BLANCO	0	4	0	0	18		
OBSERVACIONES:								
Se recogen datos que demuestran que el aumento de la edad (y por tanto de la experiencia transmisible entre contextos) incide en la capacidad de elaboración de hipótesis, concordancia entre respuestas orales y gráficas y la elección acertada de símbolos (flechas).								
En este aspecto (simbología), existe diferencia significativa entre 3 y 4 años. A partir de dicha edad el aumento es más proporcional.								
Destaca el elevado porcentaje de error en 6 y 7 años cuando deben señalar el sentido de la fuerza (peso). Puede ser debido a unas instrucciones poco claras que den lugar a una errónea interpretación de lo que debían hacer. Ya que relacionándolos con las respuestas anteriores, estos datos carecen de sentido.								

Tabla 1. Resultados de la experimentación por edades en la fase «cubetas vacías».

CUBETAS LLENAS								
ETAPA		INFANTIL			PRIMARIA - 1er ciclo		OBSERVACIONES	
EDAD		3 años	4 años	5 años	6 años	7 años		
TAMAÑO MUESTRA TOTAL: 216		Nº sujetos por edad:		31	82	45	20	38
Hipótesis relacionada con el experimento		SI	65	68	93	95	92	En general con la edad aumenta el porcentaje de aciertos. La respuesta en blanco es reducida excepto en 3 años que es elevada (19%). En todos los casos es superior al de cubetas vacías. ¿Ensayo/aprendizaje?
		NO	16	28	4	0	5	
		BLANCO	19	4	2	5	3	
Confirmación hipótesis con la botella de...	AGUA	SI	39	41	49	75	71	Con la edad aumenta el porcentaje de aciertos. Pero es mucho menor que con las cubetas vacías. El grupo de 6 años es el que menor diferencia presenta. Respuesta en blanco poco significativa (0-4%)
		NO	58	55	51	25	29	
		BLANCO	3	4	0	0	0	
	ARENA	SI	42	43	58	30	42	Alto porcentaje de respuestas erróneas. Muy significativo el grupo de 6 años. La respuesta en blanco es nula o poco significativa (0-4%)
		NO	55	54	42	70	58	
		BLANCO	3	4	0	0	0	
Concordancia entre respuesta oral y gráfica		SI	39	53	78	85	79	En general aumenta con la edad. Significativo aumento en comparación con cubetas vacías. ¿Ensayo/aprendizaje?
		NO	39	40	7	15	16	
		BLANCO	23	7	16	0	5	
Elección adecuada de la flecha		SI	61	49	51	80	53	Significativo aumento de errores en comparación con cubetas vacías. Excepto en 3 años. ¿Confusión/malas instrucciones/se referían al recorrido del elástico en lugar del empuje...?
		NO	16	37	16	5	24	
		BLANCO	23	15	33	15	24	
Señala el sentido correcto		SI	58	48	58	75	68	3-6 y 7 años aumento de aciertos. 4-5 años disminución aciertos. ¿Confusión/malas instrucciones...?
		NO	19	35	9	10	8	
		BLANCO	23	17	33	15	24	
OBSERVACIONES: la variable peso elevado (arena) está vinculada con los errores. Podría reflejar que está se considera más relevante que el empuje o que este no se tiene en cuenta. La concordancia entre respuesta oral y gráfica puede denotar que la experiencia de plasmarla en las cubetas vacías y comparar la respuesta dada con el resultado correcto, ha servido como ensayo o incluso que ha dado lugar a un aprendizaje. Con las flechas es posible que la disminución de aciertos con respecto a cubetas vacías se deba a instrucciones poco claras y/o mala interpretación de los sujetos sobre qué se esperaba que hiciesen.								

Tabla 2. Resultados de la experimentación por edades en la fase «cubetas llenas».

Agradecimientos

Este estudio se ha elaborado en el marco del Proyecto ARCE «Formación en ciencias. Un experimento que funciona» subvencionado por el MECD y con la colaboración-asesoramiento del programa El CSIC y la FBBVA en la Escuela. Por ello queremos agradecer a ambas las facilidades y el apoyo prestado en todo momento.

Asimismo este trabajo no habría sido posible sin la colaboración de los colegios y en concreto de las maestras/os:

Málaga

- CEIP Maruja Mallo/Alhaurín de la Torre: Beatriz Toca, Eva Ventura y Susana Torreblanca.
- CEIP Nuestra Señora de Gracia: Ana Belén Medal, Ana M.^a Jiménez, Esperanza Muñoz, Isabel Cardona y Yolanda Lozano.
- CEIP San Sebastián/Alhaurín de la Torre: Ana García, Herminia Rodríguez, Juan Antonio Plaza, Petri Gómez y Silvia Pérez.

Navarra

- CEIP Auzperri/Espinal: Nekane Nuño.
- CEIP Erro/Erro: Conchita Redín.
- CEIP Orreagako Ama/Garralda: Arantxa Iriarte y Blanca Carballo.
- CEIP San Pedro/Mutilva: Idoia Carricas.
- CEIP Virgen del Soto/Caparroso: Ana Lizarazu y Goiuri Echeverría.

Valladolid

- CEIP Antonio Machado: M.^a Muelles González.

Zamora

- C. San José: M.^a del Carmen Conde.
- CEIP La Inmaculada: M.^a Pilar Gómez.
- CEIP Miguel de Cervantes: M.^a Cruz González.
- CEIP Morales del Vino: Aurora Periañez.
- CEO Coreses: Luis Florián Ramos.
- CRA Nuez de Aliste: Verónica Alonso.

Referencias bibliográficas

PIAGET, JEAN. *El lenguaje y el pensamiento del niño pequeño*. Barcelona: Paidós Ibérica, 1987. 104 pp.