

# DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS PROCEDIMENTALES A PARTIR DE LA MEDIDA DE VOLUMEN EN LA FORMACIÓN INICIAL DOCENTE

Ana Belén Montoro Medina  
*Universidad de las Islas Baleares*

Francisco Gil Cuadra y María Francisca Moreno Carretero  
*Universidad de Almería*

**RESUMEN:** Este trabajo presenta el diseño y aplicación de actividades para desarrollar conocimiento científico procedimental a través de la medida del volumen. Para ello, se plantean actividades que crean conflictos cognitivos a partir de la inclusión de objetos que flotan en el agua o son solubles. Varios grupos de estudiantes fueron grabados en vídeo con objeto de analizar las estrategias utilizadas, las dificultades y las ideas que aparecen durante su resolución. Estas serían evaluadas y discutidas en clase posteriormente. Para determinar si el aprendizaje era duradero, se pidió a dos grupos de estudiantes realizar otra actividad similar tres años más tarde. Los resultados obtenidos muestran que la realización de estas actividades y la evaluación de las estrategias pueden funcionar como un recurso eficaz para la profundización de conceptos y procedimientos.

**PALABRAS CLAVE:** Contenidos procedimentales, desarrollo de estrategias para medida de volumen, formación inicial de maestros

**OBJETIVOS:** En este trabajo se muestra el diseño de actividades de diagnóstico y aprendizaje que proponen situaciones experimentales para abordar contenidos conceptuales y procedimentales relacionados con el cálculo del volumen de cuerpos, incluyendo otros aspectos como la flotación y la solubilidad de objetos que obligan a los estudiantes a readaptar los procedimientos que conocen para resolver estas nuevas situaciones. Con dichas actividades pretendemos favorecer el desarrollo de conocimiento científico procedimental así como conocimiento didáctico sobre su enseñanza-aprendizaje (diseño de tareas, errores y dificultades, entre otros), a la par que se profundiza en la comprensión de una variable física, imprescindible en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, como es el volumen.

Posteriormente, se analizan los resultados encontrados tras su aplicación con estudiantes de Maestro de Educación Primaria y las implicaciones para la mejora de la práctica docente.

## MARCO TEÓRICO

Ante la pregunta *¿cuáles son los contenidos más apropiados para lograr una adecuada educación científica para la ciudadanía?* podemos considerar como respuesta generalmente aceptada que las personas deben aprender *ciencia*, a *hacer ciencia* y *sobre la ciencia*, y es hacia este objetivo que la investigación educativa

trata de orientar sus esfuerzos. En efecto, el borrador de PISA 2015, para evaluar la *alfabetización científica*, considera entre otros aspectos el conocimiento por parte del alumnado de los principales hechos, conceptos y teorías científicas explicativas, pero también la comprensión de los procesos seguidos por la ciencia para generar dicho conocimiento (conocimiento procedimental), así como de los mecanismos que la ciencia utiliza para fundamentar y validar dicho conocimiento (conocimiento epistemológico). En concreto, destaca la importancia del conocimiento procedimental para la comprobación de ideas científicas: distinguir entre variable dependiente e independiente, controlar variables, conocer los tipos de medidas, errores y métodos para minimizar el error, buscar patrones dentro de los datos obtenidos y representar los datos (OCDE, 2013). Dada la importancia de este tipo de conocimiento en la enseñanza de las ciencias, Gott y Murphy (1987) destacan la necesidad de desarrollar explícitamente la estructura del conocimiento procedimental del mismo modo que ampliamos la estructura conceptual de los elementos del currículum (Citado en Osborne, 2014).

En la enseñanza de contenidos científicos, las dificultades tanto de alumnos como de docentes, pueden trascender el plano conceptual, involucrando también aspectos relacionados con los procedimientos (Mazzitelli et al., 2005). Dado que se ha mostrado la importancia de que los niños en Primaria desarrollen sus ideas a través del uso de conocimientos procedimentales (Harlen, 1998) y ante la indiscutible importancia que se concede al propio proceso de construcción del conocimiento científico (García Barros y Martínez Losada, 2001), los futuros maestros han de poseer el conocimiento necesario para poder integrar este conocimiento procedimental en su enseñanza, lo que requiere que la formación docente se esfuerce en favorecer el dominio de este tipo de contenidos entre el profesorado.

Los docentes suelen presentar concepciones ingenuas acerca de las ciencias que determinan su enseñanza haciendo que en ocasiones dejen fuera los conocimientos procedimentales. Para promover una evolución en estas visiones ingenuas, así como para mostrar un referente que funcione como modelo metodológico para llevarlo a cabo como futuros maestros, consideramos imprescindible trabajarlas con ellos desde la formación inicial, de manera que experimenten este modelo de enseñanza como estudiantes (Haefner y Zembal-Saul, 2004).

La medición de una magnitud es un proceso que se inicia con la percepción y aislamiento de la cualidad que se va a medir y la comparación de objetos atendiendo a esa cualidad, y se completa con su medida y estimación (Moreno, Gil y Frías, 2001). En muchas ocasiones, la enseñanza de la medida del volumen introduce rápidamente las unidades y el uso de fórmulas para la medida indirecta del volumen, saltándose la etapa de comparación directa o la utilización de técnicas de descomposición y recomposición de cuerpos (Olmo, Moreno y Gil, 1989). En nuestras clases de formación inicial de maestros, habitualmente, cuando preguntamos a futuros docentes de educación primaria por una estrategia para calcular el volumen de un objeto irregular, la mayor parte de los estudiantes aluden a la necesidad de sumergir el objeto en agua y calcular la cantidad de líquido que desplaza. No obstante, nuestra experiencia como formadores nos ha permitido comprobar que no siempre se relaciona “lo que manifiestan verbalmente” con el conocimiento que aplicarían al enfrentarse a una situación problemática contextualizada, apareciendo dificultades y errores similares a los que cometen los escolares (Vergnaud y otros, 1983), como no sumergir completamente el objeto y pensar que el objeto más pesado es el más voluminoso (Moreno, Gil y Montoro, 2015). Estas dificultades encontradas a la hora de llevar a la práctica las estrategias estudiadas de manera teórica que guardan relación con el necesario conocimiento procedimental han determinado en gran parte el diseño de las actividades que hemos implementado y analizado.

## METODOLOGÍA

Con objeto de aplicar lo aprendido a situaciones problemáticas y de adaptar sus estrategias a contextos reales, diseñamos una secuencia de actividades para resolver problemas de comparación y medida de longitud, masa, capacidad, superficie y volumen. A continuación, describimos la secuencia correspondiente a la medida del volumen, los resultados de su implementación con estudiantes de segundo curso de maestro de educación primaria de la Universidad de Almería durante el curso 2013-2014 y la evaluación de su eficacia.

*Actividad 1.* Ordena las piedras y el bote de espuma, según su volumen.

Material: Recipientes graduados donde era imposible sumergir completamente el bote de espuma y recipientes sin graduar (Figura 1).

Aspectos importantes: Es imposible sumergir completamente el bote de espuma en los recipientes graduados y el bote de espuma flota.

*Actividad 2.* Mide tu capacidad pulmonar.

Material: recipientes de diferentes tamaños (unos graduados y otros no), balanzas, reglas, agua, un recipiente lleno de lentejas, globos,... (Figura 2).

Aspectos importantes: había más materiales de los necesarios.

*Actividad 3.* Discusión de estrategias (válidas y erróneas) utilizadas por los compañeros y de las cuestiones planteadas por medio de video-montajes, proporcionando argumentos o pruebas de la veracidad de sus respuestas.



Fig. 1. Estudiantes comparando el volumen



Fig. 2. Estudiantes discutiendo estrategias para medir la capacidad pulmonar

Se trata de un estudio cualitativo basado en el análisis de grabaciones de vídeo a ocho grupos de estudiantes voluntarios realizando la actividad 1 y cinco con la actividad 2. En cada vídeo se buscaron las estrategias empleadas, las dificultades encontradas y los errores cometidos por los estudiantes, así como interrogantes que se habían planteado.

Con objeto de comprobar la eficacia de esta secuencia para aprender conocimiento procedimental (cálculo del volumen) aplicado a situaciones problemáticas reales, y por tanto, si se consiguió la asimilación de conocimientos de forma no superficial, transferible a otros contextos y duradera en el tiempo, se solicitó a dos grupos de tres estudiantes que resolvieran una actividad similar tres años después.

*Actividad Evaluación.* Compara y mide el volumen de una piedra, el de un bote de laca, el de un montón de azucarillos (unos enteros y otros troceados) y la capacidad de un lapicero.

Materiales: recipientes de diferentes tamaños (unos graduados y otros no), balanzas, reglas, agua, un recipiente con arroz,...

Aspecto importante: Los azucarillos se disuelven en agua.

## RESULTADOS

En la comparación del volumen de los objetos se ven principalmente dos estrategias: llenar completamente el recipiente, introducir los objetos y medir el agua derramada con recipientes graduados; y marcar el nivel de agua antes y después de sumergir cada objeto.

La duda principal que aparece es si la fuerza con la que se presiona el bote para mantenerlo debajo del agua influye en la cantidad de agua desplazada. Unos intentan ponerle una piedra encima, otros sumergen todos los objetos con la mano hasta un determinado nivel, aunque la mayoría acaba presionando con el dedo sin introducirlo (Figura 1).

No obstante, se observa en todos ellos una preferencia por el uso de recipientes graduados para sumergir los objetos, recurriendo a los no graduados únicamente cuando no caben en los otros. Además, algunos opinan que necesitan medir la cantidad inicial de agua y aparecieron errores como sumergir parcialmente los objetos o introducir la mano, aunque normalmente se corregían entre ellos.

En la medida de la capacidad pulmonar, los materiales proporcionados sugieren una idea: respirar hondo y soltar el aire en un globo. El reto aparece a la hora de medir el aire contenido en el globo (Figura 2).

Cuatro de los cinco grupos grabados comienzan pesando el globo. A sugerencia del profesor, pesan uno vacío y, para su sorpresa, observan que pesan lo mismo, aunque están usando una balanza de precisión hasta los miligramos. Aunque no se preguntan por qué ocurre, concluyen que el procedimiento es incorrecto.

Un grupo se plantea medir el contorno del globo con una regla rígida, pero lo rechaza porque se les resbala.

Otro se plantea soplar el aire directamente en una probeta invertida llena de agua y sumergida en un barreño con agua, y calcular el agua que desplaza. Intentan hacerlo con el aire del globo, pero el aire sale fuera de la probeta. También se plantea enterrar el globo en arena muy fina dentro de un recipiente graduado, pero no tienen.

Finalmente todos terminan sumergiendo el globo en un recipiente con agua y midiendo el agua que desplaza, bien porque se derrama los que llenaron el recipiente hasta el borde o porque miden el agua que se requiere para que el nivel alcance el logrado cuando el globo estaba dentro.

Si analizamos lo ocurrido, vemos que la realización de estas tareas nos proporciona información sobre aspectos conceptuales y procedimentales que no dominan. Por ejemplo, se refleja la ausencia de comprensión del por qué funciona el procedimiento para calcular el volumen que conocen (sumergir el objeto en agua), del concepto de volumen y las unidades estándar para medirlo (intentan medir el

peso, la longitud del contorno, el tiempo que tarda en vaciarse...), así como de las variables que influyen (peso, densidad, presión...). Por otro lado, no diseñaron experimentos para probar sus hipótesis, basando el rechazo o la aceptación de su afirmación en la búsqueda de contraejemplos o ejemplos de su vida diaria que apoyaran sus argumentos.

En la actividad 3 se discutieron todas las estrategias descritas y se pudo apreciar que cuando se produce una situación de bloqueo los estudiantes recurren a las mismas estrategias erróneas que usan los niños que, aunque creían haberlas superado, mantienen de reserva. Se instó a los estudiantes a diseñar posibles experimentos para probar sus suposiciones. Para determinar si influye la presión en el agua que desplaza bastaría con introducir la mano hasta un cierto nivel de manera relajada, y luego presionando el fondo del recipiente. Para determinar si influye el peso, sumergirían una botella llena de dos materiales distintos.

Pasados tres años, en la actividad de evaluación, vemos como uno de los grupos recupera la estrategia de medir el agua desplazada por la piedra y el bote, y además, recurren a arroz para medir el volumen de los azucarillos, mostrando flexibilidad para adaptar las estrategias conocidas a la nueva situación. Durante la tarea realizan varias medidas de los objetos utilizando probetas más precisas para afinar las medidas, concluyendo que la probeta ancha es menos precisa para líquidos porque requiere más líquido para que se aprecien las diferencias, pero son más precisas para áridos porque dejan menos huecos.

El otro, aunque realiza la medida del bote y de la piedra, tienen dificultades para medir el volumen de los azucarillos. Aunque son conscientes de que “un kilo de paja y uno de hierro pesan lo mismo pero no tienen el mismo volumen”, a falta de otra alternativa se plantean pesar los azucarillos, tomar esa misma cantidad de arroz y medir su volumen. Este grupo tiene asimilada las destrezas que se trabajaron, pero no se muestran competentes para adaptarlas a nuevas situaciones.

## CONCLUSIONES

Dada la importancia de que los estudiantes para maestros aprendan ciencia y aspectos didácticos como las dificultades de aprendizaje y el diseño de actividades de aula, consideramos necesaria la propuesta de situaciones-problema que creen conflictos cognitivos para trabajar los procedimientos, profundizar en los conceptos y que sean fácilmente adaptables al aula de primaria.

En este documento se ha presentado una secuencia de aprendizaje para trabajar conocimiento procedimental a través de la medida del volumen y su implementación con varios grupos de maestros en formación.

Aunque la mayoría de los maestros en formación inicial presentan una autoconfianza baja a la hora de resolver problemas matemáticos y científicos, creen que dominan los contenidos de la educación primaria y serían capaces de explicarlos en el aula. Ven los errores de los niños (Vergnaud y otros, 1983) como algo lejano a ellos. Incluir aspectos como la flotación y la solubilidad de los objetos a medir se muestra como un contexto idóneo para que afloren sus ideas erróneas, al enfrentarse a problemas de los que conocen un procedimiento para comenzar y discutir sus ideas con los compañeros. La reflexión sobre los videos con las distintas estrategias les mostró la gran variedad de adaptaciones y de ideas que pueden surgir de estos problemas, la necesidad de tener herramientas y un dominio del contenido que permita evaluar si un procedimiento es correcto o no, la importancia del control de variables para contrastar las ideas y actividades que se pueden adaptar al aula de primaria.

Para mejorar esta secuencia de formación de maestros, creemos que sería muy interesante observar cómo los estudiantes adaptan estas tareas al aula de primaria y proponen contenidos para trabajar el volumen en las distintas etapas.

Por último, señalar que el hecho que solo uno de los dos grupos evaluados fuera capaz de adaptar las habilidades desarrolladas a situaciones nuevas nos plantea el dilema de si hay que trabajar todas las situaciones que puedan presentarse (lo cual puede resultar materialmente imposible) o debemos limitarnos a las más emblemáticas sabiendo que habrá estudiantes que tendrán dificultades en alguna otra no trabajada explícitamente.

## AGRADECIMIENTOS

A los proyectos EDU2015-69701-P (MINECO/FEDER) y P11-SEJ-7355 (@Sensociencia).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, C. (2001). Qué actividades y qué procedimientos utiliza y valora el profesorado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 433-452.
- GOTT, R. y MURPHY, P. (1987). *Assessing investigation at ages 13 and 15: Assessment of Performance Unit Science Report for Teachers: 9*. London: Department of Education and Science.
- HARLEN, W. (1998). Enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Madrid: Morata/MEC.
- HAEFNER, L.A. y ZEMBAL-SAUL, C.(2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understanding of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.
- MAZZITELLI, C., MATURANO, C., NÚÑEZ, G. y PEREIRA, R. (2005). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(1), 33-50.
- MORENO, M.F., GIL, F. y FRÍAS, A. (2001). Área y volumen. En E. Castro. (Ed.), *Didáctica de la matemática en Educación Primaria* (pp. 503-532). Madrid: Sínteis.
- MORENO, M.F., GIL, F. y MONTORO, A. B. (2015) Sentido de la medida. En L. Rico y P. Flores. (Eds.) *Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en Educación Primaria* (pp. 145-168). Madrid: Sínteis.
- OCDE (2013). PISA 2015 Draft Science Framework. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- OLMO, M.A. DEL, MORENO, M.F. y Gil, F. (1989). *Superficie y volumen: ¿algo más que el trabajo con fórmulas?*. Madrid: Sínteis.
- OSBORNE (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25 (2), 177-196.
- VERGNAUD, G., ROUCHIER, A., DESMOULIERES, S., LANDRE, C., MARTHE, P., RICCO, G., SAMURCAY, Y R., ROGALSKI, J., y VIALA, A. (1983). Une expérience didactique sur le concept de volume en classe de cinquième (12-13 ans). En Vergnaud G. (Ed.), *Didactique et acquisition du concept de volume*. Numero especial de *Recherches en didactique des mathématiques*, 4 (1), pp. 71-120.