

Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria

Rafael Palacios-Díaz¹ y Ana M. Criado García-Legaz²

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. España

¹ rapadies@yahoo.es, ² acriado@us.es

[Recibido en mayo de 2015, aceptado en enero de 2016]

En este artículo se realiza un diagnóstico de las explicaciones del alumnado respecto al *volumen* de líquido que desplaza un sólido en inmersión y a la relación entre flotabilidad de los cuerpos y la *densidad*. El estudio se plantea con estudiantes de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) a comienzos del curso escolar, donde el dominio de los conceptos de *volumen* de líquido desplazado y de *densidad* son un pre-requisito para comprender fenómenos que se estudianan durante el desarrollo del curso (valor del *empuje* y dependencia del equilibrio entre las fuerzas *peso* y *empuje* para justificar la flotabilidad de los cuerpos). Los resultados indican que los estudiantes llegan a este nivel con concepciones sobre las variables que influyen en el *volumen* de líquido desplazado similares a las de los escolares de Primaria. La dependencia del contexto de sus explicaciones pone de manifiesto que, para explicar la flotabilidad de un sólido en un líquido, no siempre llegan a aplicar el criterio de comparación de *densidades*. Estas dificultades se acentúan en el caso concreto de la flotación-inmersión de un submarino, como cuerpo sólido que es capaz de variar su *densidad* media.

Palabras clave: Peso; empuje; volumen desplazado; densidad; flotación.

Compulsory Secondary Education students explanations regarding phenomena related to the volume of liquid moved by a immersed solid, to the density and to the buoyancy

This paper presents a diagnosis of the explanations that the students give regarding the volume of fluid that moves an immersed solid and regarding the relationship between buoyancy of objects and its density. The study sets out with students from fourth year of Compulsory Secondary Education (ESO) at the beginning of the school year. In this respect, the knowledge of concepts displaced liquid volume and density are a pre-requisite for understanding phenomena studied during the school year (value of thrust and balance between weight and thrust forces to justify the buoyancy of objects). Results indicate that students reach this level with conceptions of the variables that influence the volume of displaced liquid that are similar to those of primary school children ones. The context-sensitive explanations show that students do not always apply the densities comparison criterion to explain the buoyancy of a solid in a liquid. These difficulties are all the greater in the case of buoyancy-immersion of a submarine, as a solid that is able to vary its average density.

Keywords: Weight; thrust; volume of displaced liquid; density; buoyancy.

Para citar este artículo: Palacios-Díaz R., Criado García-Legaz, A.M. (2016) Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 230–247. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18286>

Introducción

Como es ampliamente reconocido en nuestra área, a la hora de enseñar ciencias, es frecuente encontrarse en las aulas, la existencia de ideas o concepciones alternativas en el alumnado respecto a los conceptos científicos que se pretenden tratar. Estas concepciones son construcciones personales que los individuos generan ante la necesidad de explicar los fenómenos que ocurren a su alrededor. Una explicación que contradiga una construcción

personal (como una interpretación científica) compite con ella y puede resultar rechazada (Bello 2004), de ahí las dificultades para su modificación.

Otro motivo de la persistencia en el tiempo y resistencia al cambio de estas explicaciones es que pueden encontrarse sistematizadas en esquemas conceptuales, con cierto grado de organización (Oliva 1999; Criado y Cañal 2003). En este caso, son más difíciles de modificar porque no se trata de cambiar una idea aislada sino derrumbar toda una estructura conceptual.

La existencia de estas ideas, que compiten con los conceptos de la ciencia escolar que se pretenden enseñar, no debe ignorarse sino que las concepciones específicas relativas al tópico abordar deben ser un punto de partida del proceso de enseñanza. En el caso que tratamos, por ejemplo, ha de tenerse muy en cuenta, por su extensa aceptación, la *falta de peso* de los cuerpos como causa de su flotabilidad (Furió, Solbes y Carrascosa 2006).

Con el objeto de abordar este tipo de dificultades, las investigaciones realizadas en Didáctica de las Ciencias aconsejan propiciar la mejora de la forma de argumentar del alumnado acerca de los distintos tópicos científicos (Konstantinidou, Cerveró y Castells 2010). Ello será posible, llevando a cabo un cambio metodológico en las formas de aprender y enseñar, que convierta al estudiante en un elemento activo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Objetivos y justificación

El presente trabajo planteó con la intención de estudiar las explicaciones del alumnado acerca de fenómenos relacionados con el *volumen* que desplaza un sólido cuando se sumerge en un líquido y acerca de fenómenos relacionados con la *densidad*, en concreto con la justificación de la flotación de los cuerpos.

Aunque pueda resultar más intuitivo interpretar la flotación de los cuerpos en función de un equilibrio de las fuerzas *peso* y *empuje* (Mazzitelli, Maturano, Núñez y Pereira 2006), hay que tener en cuenta que, si se siguen las estipulaciones del currículo, el alumnado que acaba tercero de ESO y comienza cuarto, aún no ha estudiado el concepto de *fuerza* pero sí el de *densidad* y, en algunos casos, ha tratado el fenómeno de la flotación.

Como la experimentación que se expone en este trabajo tuvo lugar a principios de la primera evaluación en cuarto de ESO, (cuando se estaban recordando las *propiedades generales y específicas de la materia*), se abordó la flotación como una forma de hacer ver una aplicación del concepto de *densidad*. De ahí que se analizaron ejemplos donde comparar los valores de las *densidades* de un líquido y del sólido inmerso en él (magnitudes que forman parte de las expresiones del *empuje* del líquido y del *peso* del sólido, respectivamente). Dado que en ese momento del curso aún no se había introducido el concepto de *fuerza*, no era lógico interpretar la flotabilidad a partir de un *equilibrio de fuerzas*. Por otro lado, entender cuál es el factor que influye en el *volumen* de líquido desalojado por un sólido completamente inmerso en él y ser consciente de que, en contra de la intuición, hay otros factores que no afectan, constituye un aspecto que completa una buena comprensión del concepto de *volumen* tratado en ese momento del curso. Además se aborda para salvar, las concepciones al respecto, antes de abordar el estudio del *empuje* que ejercen los fluidos.

La elección de esta temática se justifica por tratarse de conceptos básicos en la construcción del conocimiento de la Física (Mazzitelli *et al.* 2006). Aún siendo conceptos muy elementales, la dificultad que entrañan para alumnos que han pasado sobradamente la adolescencia, ha sido corroborada a lo largo de la experiencia docente de los autores de esta investigación. De forma que se ha constatado que es necesario, incluso, abordar la diferenciación entre los conceptos de *masa* y *volumen*, (frente a la concepción alternativa que supone una indisociación

entre éstos) y no digamos analizar la relación que hay entre *masa* y *volumen*, según que los objetos a comparar sean o no del mismo material (Bullejos y Sampedro 1990).

En la Figura 1 se muestran, de forma esquemática, los conceptos a los que hemos hecho alusión en líneas precedentes, muchos de los cuales son objeto de nuestra investigación.

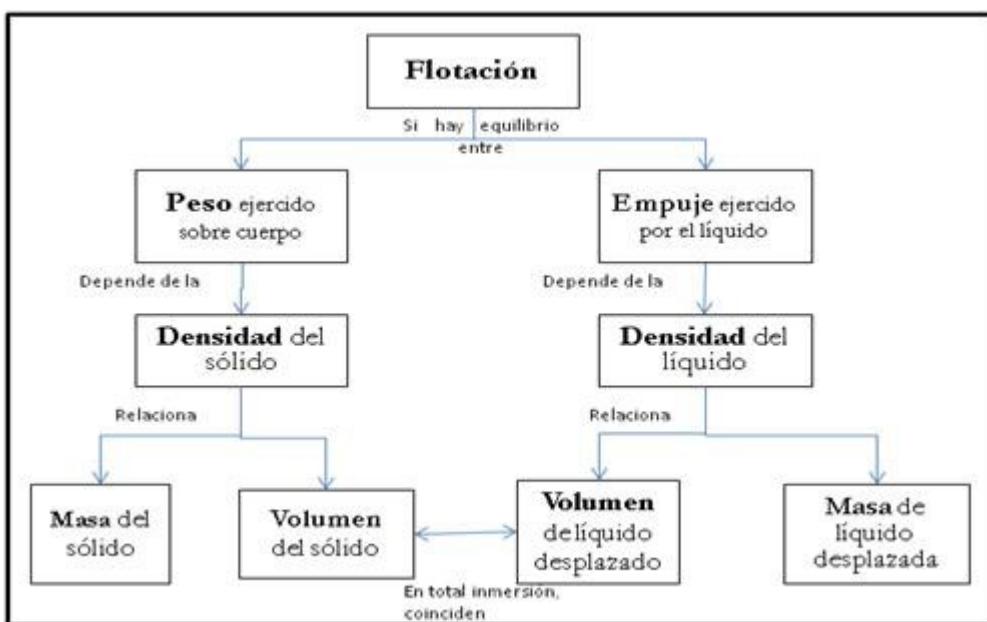


Figura 1. Relación entre los conceptos que vertebran el estudio.

Fundamentación e hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo, (basada en nuestra experiencia profesional con alumnado de educación secundaria y maestros en formación), consiste en suponer que la presencia de concepciones alternativas clásicas relacionadas con esta temática está, todavía, altamente extendida en estos alumnos debido probablemente a que no han calado en la práctica docente las prescripciones de la Didáctica de las Ciencias. Por tanto esas ideas, que en las líneas siguientes describiremos, aparecerán también en nuestra muestra. Ya Fernández (1987), hace más de dos décadas, detectaba que, dos meses después de la enseñanza de hidrostática, persistían concepciones alternativas en torno al *volumen* de líquido desalojado por un sólido en inmersión. Ante cierto sabor de fracaso en una propuesta de enseñanza, en la que se habían anticipado e intentado superar estos obstáculos, el autor concluía preguntándose por el nivel madurativo intelectivo (insuficiente) de los estudiantes encuestados. Sin embargo, la permanencia de estas dificultades en niveles en los que ya deberían estar superadas, no reside (creemos), en una excesiva demanda cognitiva de estos conceptos en relación con el probable estado de maduración intelectiva genérica de los estudiantes, sino en que las concepciones y la forma de razonar de los sujetos dependen del contenido específico de que se trate. Esa dependencia del contenido conllevaría, según las prescripciones de la Didáctica de las Ciencias, un tratamiento *ad hoc* para que dichos obstáculos sean superados. Por tanto suponemos que la presencia de dichas ideas en alumnos mayores se debe a que en ningún momento del paso por el sistema educativo se han abordado este tipo de explicaciones, como se prescribe en el área. Es decir, no se ha prestado suficiente y reiterada atención a la necesidad de hacerlas explícitas, ni se ha dedicado tiempo a que los estudiantes tengan ocasión de compararlas con interpretaciones físicas adecuadas, y todo ello en una gran variedad de ejemplos.

Con respecto a las dificultades con el concepto de *densidad*, además de lo que se acaba de exponer, puede que al tratar estas cuestiones no se haya puesto al alumnado en situación de ser conscientes de las propias restricciones en el razonamiento y funcionamiento cognitivo humano. Ello implica que, espontáneamente, sólo se tengan en cuenta las propiedades sensibles de los objetos y sólo se contemplen variables simples (*peso*, *masa*, fuerza, longitud, tiempo,...), pero que no se haga uso (diferenciado) de variables definidas en función de otras magnitudes (como *densidad*, concentración, presión, velocidad,...). Ello tiene sus consecuencias, especialmente, cuando se trata de esas magnitudes definidas (cuantitativamente) como una relación entre otras dos variables simples, como sucede con los ejemplos mencionados. En estos casos, es habitual que la tendencia intuitiva del alumnado consista en simplificar las explicaciones sobre las causas de los fenómenos. Siendo frecuente que tienda a identificar esas variables (no simples), como la *densidad*, etc. con la magnitud que aparezca en el numerador de la relación, es decir: la cantidad de *masa* o de sustancia, la fuerza, el espacio recorrido, etc., (Criado 2010).

Así, Havu-Nuutinen (2012) señala que, en la justificación de fenómenos como la flotación de los cuerpos, los estudiantes con edades comprendidas entre los 15 y 17 años recurren en pocas ocasiones al concepto de *densidad* y muchas al *peso* o a la *masa* de los cuerpos que flotan. De modo que, aunque los fenómenos relativos a la flotabilidad de los cuerpos sean algo cotidiano, ofrecer una explicación adecuada desde el punto de vista físico, puede resultar complejo para muchos estudiantes (Joung 2009).

Pero además, cada uno de los propios conceptos relacionados en la *densidad*, como son la *masa* y el *volumen*, fundamentales en el aprendizaje de las ciencias en niveles inferiores, no son plenamente asimilados. Así, no se conserva la *masa* en los cambios de estado; o no se disocian *peso* y *volumen*; o no se aceptan los factores que no afectan al *volumen* de líquido desplazado por un sólido en inmersión; etc.). Estas dificultades pueden persistir en niveles superiores, incluso universitarios. Éstos y otros obstáculos, han sido descritos (Raviolo, Moscato y Schnersch 2005), como sigue:

- No son capaces de diferenciar, claramente, los conceptos de *masa*, *volumen* y *densidad*; asignando características propias de uno a otro.
- No establecen relaciones entre las tres variables que conforman la expresión de la *densidad* sino que, únicamente, relacionan las variables por parejas.
- No diferencian la *densidad* de las propiedades extensivas, que sí dependen de la cantidad de sustancia del cuerpo o material.
- No contemplan la *densidad* como una de las propiedades características, que permite diferenciar unas sustancias puras de otras.
- No conocen la influencia de la temperatura y la presión sobre la *densidad*.
- Suelen asociar cambios de forma con cambios de *volumen* y, consecuentemente, de *densidad*.
- No tienen claro la diferencia entre *densidad* y *viscosidad*.

De estos trabajos de investigación se deduce que, en los últimos 20 años, no están dando resultado las estrategias de enseñanza-aprendizaje habituales en las aulas, al tratar fenómenos relacionados con la *densidad*. De ahí que siga siendo necesario que trabajos como el que presentamos analicen en mayor profundidad dónde puede estar la raíz del problema a la vez que se reclame la transferencia de los resultados de investigación a la práctica educativa, desde los propios artífices de la misma, como es este caso (profesores que investigan sobre su práctica).

Ya en trabajos anteriores Bullejos y Sampedro (1990) señalaban que, el alumnado en torno a 16 años, presenta dificultades al diferenciar los conceptos de *masa* y *volumen*, así como en la justificación de las causas de la flotación y en la utilización de la *densidad* como propiedad característica de cada tipo de sustancia pura. Pero para trazar las líneas de mejora en las estrategias de enseñanza, es necesario que el propio profesorado realice un análisis de la *demanda cognitiva* (Shayer y Addey 1986) del material a enseñar.

La explicación del concepto de flotación de los cuerpos requiere del *pensamiento formal* (Corona, Slisko y Meléndez 2007), si se opta por hacerlo mediante una comparación de *densidades* (como hicimos en este caso, por las razones curriculares anteriormente aludidas). La *densidad* se considera un concepto formal porque se trata de una magnitud, no directamente perceptible; (como lo son el *peso* o el *volumen*), que además está definida en función de otras dos; amén de que la relación entre estas es un cociente (no es multiplicativa como el caso de los lados de un rectángulo y su área, estudiados en Educación Primaria).

Según la teoría piagetiana, los estudiantes con edades comprendidas entre los 7 y los 10 años poseen lo que se conoce como *pensamiento concreto*, es decir, necesitan percibir directamente atributos de los conceptos, y en el caso de relaciones entre variables, no pueden relacionarlas más que de dos en dos. Sin embargo, a los sujetos de edades que superen los 11 años se les supone una capacidad para considerar variables definidas en función de otras magnitudes (*densidad*, concentración, presión, velocidad,...). Además podrían establecer relaciones entre más de dos variables, simultáneamente (como voltaje, intensidad y resistencia en la ley de Ohm, etc.).

En lo relativo al concepto de *densidad*, Shayer y Adey (1986) señalan que, para que el estudiante llegue a comprender la relación entre variables en las que intervienen razones ($d = m/V$), estos deben haber alcanzado el pensamiento *formal inicial*. Este pensamiento capacitaría al alumnado a comprender una relación sencilla entre variables, como es el caso del producto o cociente de dos variables. Si se definiese la *densidad* de una sustancia (homogénea) como la *masa* que tiene cada trocito de 1 cm^3 de sustancia, se está fijando el valor del *volumen* y se están relacionando dos de las variables (*masa* y *densidad*). Según se ha expresado antes, ello no debe suponer un problema para individuos en estadio *concreto avanzado*. Sin embargo, si se proyecta la utilización del concepto de *densidad*, en su sentido más genérico y se pretenden relacionar tres variables a la vez, los escolares en etapa *concreta* tendrán dificultades.

En este sentido, existen trabajos (Blanche 1983) que señalan que la asimilación del concepto de *densidad*, es la culminación de un largo proceso de construcción de las intuiciones, percepciones y operaciones, posiblemente comenzando en la infancia. Esta construcción se realizará paralelamente a la adquisición del *pensamiento formal*.

Si, además, hablamos de comparar *densidades*, desde el punto de vista de la comparación de razones, no será nada sencillo, ni siquiera para un adolescente. El pensamiento *formal inicial* permitiría:

- Comprender el concepto de *volumen* y asociar el *volumen* desplazado por un cuerpo inmerso en un líquido con el *volumen* del cuerpo, no con el *peso* de este o la profundidad de inmersión.
- Utilizar la relación m/V para justificar los fenómenos relacionados con la flotación de los cuerpos. (No obstante, algunas explicaciones de niños de 8 años están muy próximas a esta idea: "... cuando la plastilina se modela en forma de cuenco flota porque hace un mayor agujero en el agua que cuando tiene forma de bola y el agua le da así un mayor *empuje* hacia arriba" (Carretero 1980).

Pero, para llegar utilizar la relación de *densidades* entre el sólido y el líquido donde se encuentra inmerso (Hsin y Wu 2011) necesitaría de un pensamiento *formal avanzado*.

Hoy día hay muchas evidencias de la dependencia del contenido específico sobre el que razonar, a la hora de que un sujeto muestre una actuación formal. Por ejemplo, Carretero y León (citado en Nortes y Martínez 1994) niegan el carácter universal del *pensamiento formal*. Argumentan que no todas las cuestiones planteadas a los estudiantes presentan la misma dificultad, por lo que el contenido de cada tarea concreta es una variable adicional. Por último, no todos los estudiantes alcanzan a la misma edad este pensamiento, sino únicamente la mitad de estos. También se señala la enseñanza recibida por cada estudiante como otra variable a tener en cuenta.

Otro aspecto a tener en cuenta es la consideración de las concepciones como *esquema explicativo*. Este concepto se refiere al conjunto de todas aquellas ideas que utilizan los estudiantes para justificar un fenómeno determinado. Podemos diferenciar, además, entre *esquema explicativo monocausal* (un efecto sólo tiene una causa) y *esquema explicativo multicausal* (la explicación de un efecto conlleva el uso simultáneo de dos o más causas). Fenómenos como el de la flotación, se pueden justificar con las fuerzas *peso* y *empuje*, o bien con la razón de *densidades* entre el cuerpo que flota y el líquido en el cual éste está inmerso. Lo cual indica que el *esquema explicativo* adecuado para la interpretación de este fenómeno es necesariamente *multicausal*. Sin embargo, los estudiantes utilizan esquemas *monocausales* en la explicación de la flotabilidad, estando la mayoría de ellos relacionados con el *peso* del objeto y en menor proporción con su forma o la presencia de espacios con aire dentro del mismo (Madrigal y Slisko 2010).

Con respecto al *volumen* que desplaza un sólido cuando se sumerge en un líquido, Fernández (1987) llega a las siguientes conclusiones en su trabajo para estudiantes de edades similares a los de nuestro estudio:

- Un número alto de estudiantes no relaciona, en absoluto, el *volumen* de líquido desplazado por el sólido con el *volumen* de éste.
- Existe una relación, para muchos estudiantes, entre el *peso* o la *masa* del sólido y el *volumen* de líquido desalojado.

Para completar este análisis, concluimos haciendo una revisión de la legislación vigente: el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y donde se establecen los estándares de aprendizajes evaluables, hace referencia de forma explícita a la *densidad* y al principio de Arquímedes. En lo relativo a Física y Química de segundo y tercero de ESO, dentro del bloque 2 (*La materia*), se establece como uno de los estándares evaluables la determinación experimental de *masas y volúmenes* de sólidos, así como el cálculo de su *densidad* (MECD 2015). Y, por otro lado, en Física y Química de cuarto de ESO dentro del bloque 4 (*El movimiento y las fuerzas*), otro de los estándares de aprendizaje evaluable se relaciona con la predicción de la flotabilidad de objetos y la utilización del principio de Arquímedes (MECD 2015). Con ello queda ubicado nuestro estudio en el currículum, desde el punto de vista legislativo.

Metodología

Participantes

Para llevar a cabo este estudio se accedió a la muestra de estudiantes de forma no aleatoria, mediante muestreo no probabilístico por conveniencia (Colás, Buendía y Hernández 2009). Los participantes son 24 estudiantes de cuarto curso de ESO de un IES de la provincia de

Huelva, (España), coincidiendo el tamaño de la muestra con el tamaño de la clase, con materia optativa Física y Química y, en general, de buen rendimiento académico. La materia en la que se lleva a cabo la experimentación se denomina Taller de Laboratorio, de la que disponen de una hora semanal de clase. Como ya se comentó con anterioridad, esta investigación tuvo lugar a comienzos del curso escolar, por tanto, los estudiantes sólo habían realizado algunas experiencias relacionadas con la medida de longitudes y *masas*, usando el metro y el calibre para la primera magnitud y, la balanza de brazos y la balanza electrónica para la segunda. En el curso anterior no habían llevado a cabo ninguna experiencia en el laboratorio relacionada con la *densidad*, el *volumen* desplazado por un sólido en inmersión o la flotación.

Instrumento de recogida de información

El cuestionario que aparece en el presente estudio forma parte de un conjunto de cinco cuestionarios (con un total de 24 preguntas, en su mayoría abiertas), que abarcan un amplio abanico de situaciones relacionadas con el concepto de *densidad*. En este trabajo aparecen, únicamente, los datos de cuatro de las preguntas abiertas correspondientes a situaciones relacionadas con el *volumen* de líquido desplazado por un sólido y a la flotabilidad de los cuerpos en función de sus *densidades*. Las características de la construcción del instrumento se describen a continuación, junto con otros detalles del desarrollo del mismo.

En primer lugar, se partió de un primer borrador basado, fundamentalmente, en los ya usados por Lahera y Forteza (2003), realizando las modificaciones que se consideraron oportunas utilizando nuestra experiencia docente con alumnado de educación secundaria.

El cuestionario se diseñó con preguntas abiertas, a pesar de las dificultades que presenta este formato, pues por mucho que se haya previsto su composición y estructura, siempre es necesario realizar una re-categorización de las mismas. Sin embargo, prevalece la ventaja de la riqueza que proporciona la información que se obtiene. Desde un principio se intentó que las preguntas se complementaran unas a otras, enfocando de esta forma el estudio del concepto de *densidad* desde distintos aspectos (Murillo Torrecilla s.f.).

Las cuestiones aparecen enumeradas, sin indicar el nombre de la temática sobre la que versa, con la intención de que los estudiantes no relacionen el nombre de la cuestión con su respuesta. Para la ordenación de las mismas en el cuestionario se han tenido en cuenta dos criterios: situarlas de menor a mayor complejidad y agruparlas por temáticas de tal manera que, al principio aparece la cuestión relacionada con el *volumen* desalojado por un sólido y, las otras tres, están relacionadas con la flotación de sólidos en líquidos.

La inserción de imágenes en el cuestionario pretende aumentar la efectividad en la interpretación de las tareas. Estas imágenes quedan, de esta forma, solapadas con la información que proporciona el texto, cumpliendo, en definitiva, las funciones de ser representativa, concretando más la información del mismo; organizativa, haciendo el texto más coherente; e interpretativa, provocando que la lectura sea más comprensible (Carney y Levin 2002).

Antes de la aplicación del instrumento se consideró conveniente realizar una validación de su contenido (Escobar y Cuervo 2008). La validación de la *versión 1* del cuestionario se realizó por parte de dos profesores del Departamento de Física y Química del IES, donde se realizó el proceso de recogida de datos, y cuatro investigadores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad que auspicia esta investigación (validación de expertos). Las directrices que se les dio a estos expertos para realizar la validación estaban referidas a la necesidad de abarcar, a la vez que unificar, experiencias sencillas que llevaran a la observación del *volumen* de líquido que

un sólido desplaza al sumergirse en aquel y a fenómenos cotidianos relativos a la flotación de cuerpos. En este proceso de validación se detectó la falta de algunas ideas que debía contener el cuestionario. Los expertos consideraron que no sería suficiente con plantear la flotación de distintos sólidos en un mismo líquido, sino también el caso contrario: un mismo sólido inmerso en diferentes líquidos. De esta forma, se consiguió que las preguntas midieran todas las dimensiones relacionadas con el *volumen* desplazado y la flotación. Así mismo se realizaron modificaciones de formato en algunas cuestiones, con las sugerencias de todos los expertos consultados, con la intención de mejorar su comprensión por parte de los estudiantes. De este proceso de validación surgió la *versión 2*. La fracción del cuestionario cuyos resultados son objeto del presente artículo se muestra en el [Anexo 1](#). Para agilizar la lectura compresiva, junto a cada cuestión se ha dejado visible el objetivo que se pretende analizar con cada pregunta, sin embargo, este dato no se le proporcionó al alumnado, para no interferir en su respuesta.

Recogida de información y análisis de los datos

Concluido el proceso de validación, se aplicó el nuevo cuestionario ya corregido (*versión 2*), a la muestra de alumnos seleccionada. Las instrucciones para la realización de las cuatro preguntas se les especificaron a los estudiantes de forma oral y escrita ([Anexo 1](#)), disponiendo de un tiempo de media hora para la resolución de las mismas.

Recogidos los datos, para su vaciado y análisis se siguió un procedimiento inspirado en el trabajo de Pérez Buendía (2013). Con el objetivo de aumentar la fiabilidad de la evaluación de las tareas (Jonsson y Svingby 2007), el conocimiento de los estudiantes se valoró mediante plantillas de evaluación (o matrices de valoración), clasificando las respuestas de acuerdo con una serie de categorías, de Nivel 0 a Nivel 3 ([Anexo 2](#)). Además de la clasificación de los tipos de respuestas, la matriz se utiliza para ordenar en niveles, el conocimiento del estudiante (Panadero, Alonso-Tapia y Huertas 2012). Los descriptores de las categorías no se compusieron *a priori*, sino que se elaboraron posteriormente tras la recogida de la información, teniendo en cuenta las respuestas ofrecidas por los estudiantes. Su formulación definitiva se fijó tras sendas sesiones con dos investigadores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad que auspicia esta investigación.

La categorización de los datos se hizo intra-juez por el primero de los investigadores, por razones de operatividad y agilización del estudio. La primera categorización se realizó tras la recogida de los cuestionarios a los estudiantes y, la segunda, pasado un período de dos meses; con el objetivo de revisar la concordancia en la clasificación asignada a las respuestas. No se encontró un gran número de discrepancias y las pocas que se detectaron se supusieron debidas más bien a errores aleatorios (atribuidos quizás al cansancio después de unas horas de trabajo), que a cambios en el criterio de valoración.

Para la realización de la matriz de valoración (Tabla 1) se utilizó el programa Rubistar de la Universidad de Kansas (2012).

Tabla 1. Modelo de matriz de valoración. Adaptado de Pérez Buendía (2013)

PREGUNTAS	CATEGORÍA			
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
NOMBRES DE LAS PREGUNTAS	DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS DE CADA NIVEL			

Como se observa en la Tabla 1, en la categorización de las respuestas ofrecidas por los estudiantes se utilizaron cuatro niveles. Se prefiere utilizar de tres a cinco niveles, pues si el número de estos es muy elevado (superior a cinco), existirá gran dificultad para establecer diferencias entre ellos. Por otro lado, para la redacción de los descriptores de cada nivel o categoría, se comenzó por el inferior (Nivel 0). A continuación se redactó el superior (Nivel 3) y, a partir de aquí, comparando estos dos niveles se describieron los niveles centrales (1 y 2, respectivamente) (Blanco 2007).

De forma general, la categorización de los estudiantes en cada uno de estos niveles corresponde a respuestas con la siguiente descripción:

- Nivel 0: No contesta o lo hace de manera incoherente.
- Nivel 1: El número de fallos es mayor al de aciertos, pudiendo ser menor pero afectando al concepto fundamental asociado a la pregunta; o no responde atendiendo este concepto, aunque pueda ser correcta la respuesta.
- Nivel 2: El número de fallos es menor o igual al de aciertos, no afectando los fallos al concepto fundamental asociado a la pregunta; o falta algo en el razonamiento de la respuesta, pudiendo éste ser incompleto.
- Nivel 3: No existen fallos o el razonamiento es correcto y basado en el concepto sobre el que se ha preguntado.

Por tanto, para que un estudiante esté situado en el Nivel 3 debe responder de forma correcta, expresando sus conclusiones con lenguaje científico; puesto que se están evaluando conceptos relativos a las ciencias, dentro del campo de la Física y la Química (Pérez Buendía 2013).

Resultados

Como se comentó con anterioridad, la primera pregunta del cuestionario está relacionada con el *volumen* desalojado por un sólido y, las tres siguientes, con la flotación de sólidos en líquidos, ordenadas según complejidad creciente (a juicio de los investigadores). Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Volumen de líquido desalojado frente a peso de sólido y profundidad de inmersión

Esta pregunta tiene el objetivo de conocer con qué conceptos relacionan los estudiantes el *volumen* desplazado por un sólido al sumergirse en un líquido. En particular, queremos averiguar si razonan que sólo influye el *volumen* del sólido inmerso o si poseen las concepciones alternativas frecuentes descritas en la bibliografía. Los resultados se presentan, (en la Tabla 2), para cada uno de los dos apartados 1.a) y 1.b) que constituyen la primera cuestión. El apartado a) corresponde a la relación entre el *volumen* desalojado con el *peso* o *masa* de los diferentes cuerpos, mientras que el apartado b) tiene que ver con la profundidad de inmersión de estos.

Para el apartado 1.a), en la tabla 2 se observa que más de la mitad de los estudiantes, (un 58%), se encuentran en el Nivel 1: relacionan el *volumen* desalojado por un sólido en inmersión con la *masa* o el *peso* de éste, afirmando, por ejemplo, que “la esfera de hierro desplazará mayor *volumen* que el resto, debido a su *peso*”. El 13% de los estudiantes aporta una respuesta correcta pero presentan dificultades en su justificación (Nivel 2). Únicamente un 20% del alumnado responde de forma adecuada y razonada a esta cuestión (Nivel 3).

Tabla 2. Número de estudiantes clasificados por niveles en la Pregunta 1 (N=24)

PREGUNTAS	CATEGORÍA			
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. a)	2	14	3	5
1. b)	2	9	9	4

Con respecto al apartado 1.b), la mayoría de los estudiantes se encuentran entre los niveles 1 y 2, sobre un 38% para cada nivel. Los del Nivel 1 están convencidos que el *volumen* de líquido desplazado depende de la profundidad a la que se sumerge el sólido: “cuanto mayor sea la profundidad, mayor será el *volumen* que sube el líquido”. Los estudiante situados en el Nivel 2 de no tienen los conocimientos claros, puesto que una respuesta correcta sin la justificación podría haberse dado de forma aleatoria. (Habida cuenta de que se les había insistido dicha justificación, tanto por escrito, como oralmente). Resta comentar que sólo un 17%, responde de forma adecuada, razonando que sólo el *volumen* del sólido completamente inmerso, influye en la cantidad de fluido desplazado.

El hecho de que sólo un 20% de los estudiantes de la muestra conteste apropiadamente confirma nuestra suposición inicial de que encontraríamos (como viene siendo habitual en nuestras clases), una gran proporción de estudiantes con las concepciones alternativas clásicas en torno a los factores que influyen en el *volumen* de fluido desplazado

Flotación de sólidos con distinta densidad

El objetivo que se persigue con la segunda pregunta es saber si los estudiantes relacionan correctamente la flotabilidad de los cuerpos en líquidos con la diferencia entre los valores de propiedades intrínsecas de cada uno de ellos como la *densidad*. Deben conocer que, si un cuerpo posee menor *densidad* que el líquido en el que se encuentra, flotará en éste; si su *densidad* es similar, quedará suspendido en su seno y, si la *densidad* del sólido es mayor que la del líquido, se hundirá.

Los datos resultantes, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de estudiantes clasificados por niveles en la Pregunta 2 (N=24)

PREGUNTA	CATEGORÍA			
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
	2	1	8	2
				13

Estos datos indican que una mayoría de estudiantes, aproximadamente un 54%, responde de forma correcta y razonada a la cuestión planteada. Estos estudiantes se encontrarían en el Nivel 3. Sin embargo, un 33% del alumnado se encuentra en el Nivel 1. Estos estudiantes justifican la situación planteada mediante el uso de conceptos como el *peso* o la *masa* de los sólidos. No comparan propiedades de los materiales que componen los sólidos y propiedades del líquido en que se sumergen. Afirman que “si pesa poco flota y si pesa mucho se hunde”. Es decir, utilizan un criterio de tipo monocalusal, al que nos referímos al principio. La baja frecuencia en los niveles 0 y 2 nos permite afirmar que la muestra se distribuye en dos grupos con una clara diferencia de conocimiento adecuado en lo relativo a la relación entre *masa* o *peso* y *densidad* y cómo afectan a la flotabilidad: los que diferencian estos conceptos y los que siguen

confundiéndolos. Estos resultados son algo mejores que los obtenidos por Bullejos y Sampedro (1990) en cuestiones que pretendían el mismo objetivo, pues en aquel caso más de la mitad de la muestra no relaciona la flotación con la existencia de una propiedad intrínseca ("ligereza", "pesadez", *densidad*, o relación m/V constante) de cada material. En todo caso, tal como anticipábamos que ocurriría, todavía hay muchos estudiantes de la muestra analizada que llegan a niveles avanzados de enseñanza Secundaria sin haber superado dichos obstáculos sobre nociones elementales de la materia.

Flotación de un sólido en líquidos de distinta densidad

Esta cuestión es similar a la anterior pero, en este caso, es el mismo sólido el que se introduce en líquidos de distinta *densidad*. Para la justificación del fenómeno se esperan las mismas directrices en ambas preguntas, puesto que el objetivo que se persigue es análogo.

Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de estudiantes clasificados por niveles en la Pregunta 3 (N=24)

PREGUNTA	CATEGORÍA			
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
3	0	3	1	20

Destaca en las respuestas correspondientes a esta pregunta el alto número de estudiantes que se encuentran en el Nivel 3, aproximadamente un 83%. No hay estudiantes que dejen la pregunta sin respuesta, mientras que el total de alumnos situados en los niveles 1 y 2 es de un 17% (13% en el Nivel 1 y 4% en el Nivel 2). Aunque tanto en la pregunta 2 como en la 3 se estudia el mismo aspecto del concepto flotación pero planteado de forma diferente, parece ser que los alumnos tienen clara la justificación de la de flotación de los cuerpos, utilizando la *densidad* en su argumentación como causa principal, cuando es un mismo cuerpo el que se sumerge en líquidos distintos. Sin embargo, esta explicación no aflora cuando lo que cambia es el tipo de sólido inmerso en un mismo líquido (diferentes *densidades* de los sólidos inmersos), disminuyendo el porcentaje en 29 puntos. Posiblemente, el motivo se deba a que al tratarse del mismo objeto y no poder decir que “pesa menos” cuando flota, los que se equivocaban, se ven más abocados a buscar otro motivo (*la densidad*). Es de destacar, que ahora sí utilizan un criterio multicausal y comparan dos magnitudes, una propiedad del objeto y otra del líquido. No les vale hablar sólo del objeto como antes.

Flotación de sólidos mediante variación de su densidad media

Por último, procedemos al análisis de otro contexto del concepto de flotabilidad, esta vez aplicado a sólidos de *densidad* media variable.

Es sabido que, para variar su *densidad* media y modificar la flotabilidad, los submarinos están equipados con tanques de lastre que pueden llenarse con agua tomada del exterior. Para sumergirse los submarinos abren los tanques de lastre que se llenan completamente de agua. Para emerger el agua es desalojada por el aire a presión existente en otros tanques.

Con esta cuestión se pretende conocer si los estudiantes saben explicar el fenómeno de la flotabilidad de un submarino, como cuerpo que varía su *densidad* para cambiar su flotabilidad en un mismo líquido. Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Número de estudiantes clasificados por niveles en la Pregunta 4 (N=24)

PREGUNTA	CATEGORÍA			
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
4	14	4	3	3

Como se observa en la tabla, es de destacar que un 58% de los estudiantes se encuentren en el Nivel 0, mientras que sólo un 13% sabría describir con claridad el fenómeno. El alumnado situado en el Nivel 0, en el mejor de los casos, acude al término *presión*. Los alumnos saben que “los objetos, a mayor profundidad están sometidos a mayor presión” y, sencillamente, mencionan ese hecho, en su esfuerzo por aportar una explicación científica al fenómeno, de la misma forma que hemos constatado en nuestras clases otras veces. Si bien es cierto que, las diferencias entre la presión por encima y por debajo del objeto, aplicadas a las superficies superior e inferior, son las que acaban dando como resultado la fuerza neta hacia arriba denominada *empuje*, no es correcto identificar esa diferencia de presiones con la presión y afirmar que “el *empuje* es debido a la *presión*”, como afirman algunos de nuestros estudiantes universitarios. En todo caso, los estudiantes encuestados no están familiarizados aún con este término.

Ideas relativas a la diferencia de la cantidad de aire en el submarino o variaciones de su *peso* son utilizadas en otros casos para la explicación del fenómeno (17% de estudiantes situados en el Nivel 1), es decir, afloran concepciones alternativas prototípicas, adaptadas al ejemplo específico, como es “los objetos flotan porque contienen aire”. Y, en este contexto, vuelven a explicaciones monocausales.

Conclusiones

Del análisis de la información obtenida se deduce que, la mayoría del alumnado de cuarto curso de Educación Secundaria encuestado, posee concepciones alternativas respecto a las variables que influyen en el *volumen* que desplaza un cuerpo cuando se sumerge en un líquido y en el uso del concepto *densidad* para explicar fenómenos relacionados con la flotación de los cuerpos. Estas ideas emergen cuando se les solicita que piensen sobre ello y se incluye una representación gráfica de la situación, pensada para que les ayudara a imaginar la respuesta adecuada. Con el objeto de comparar la diferente dificultad encontrada por esta muestra de estudiantes en las distintas cuestiones, se ha incorporado un gráfico conjunto (de barras 100% apiladas) en Figura 2. En ella se pueden observar los diferentes niveles de conocimiento alcanzados por los estudiantes para cada una de las preguntas planteadas. En el caso del *volumen* desalojado por un sólido al ser sumergido en un líquido, razonan que será aquel cuerpo con mayor *peso* o *masa* el que desborde del recipiente una mayor cantidad de agua (Nivel 1, Pregunta 1.a). Por otro lado, casi la mitad cree que el *volumen* desplazado se ve afectado si los cuerpos se sumergen a distinta profundidad (Nivel 1, Pregunta 1.b). Se concluye de esta primera parte, por tanto, que muchos de los alumnos encuestados no tienen los conocimientos base previos necesarios para poder enfrentarse a otros conceptos nuevos, como el *empuje* que experimenta un sólido cuando se sumerge en un líquido, fundamental para el estudio del Principio de Arquímedes. Estos resultados convergen con los obtenidos por Fernández (1987) y aunque éste suponía la posibilidad de que los estudiantes no hubieran alcanzado el pensamiento *formal inicial*; somos más partidarios de la hipótesis de la especificidad asociada al contenido de la forma de razonar de los estudiantes (Pozo y Carretero 1986). La persistencia de las ideas de los alumnos a este respecto justifica que se deba prestar más atención a la

enseñanza de los conceptos de *masa* y *volumen*, que probablemente se presuponen muy elementales para alumnos rondando los 16 años. Pero además de volver a centrar la atención, en dichos conceptos básicos, es necesario un cambio en la metodología de enseñanza utilizada por parte del profesorado, lo cual nos lleva a interesarnos en posteriores estudios en este sentido.

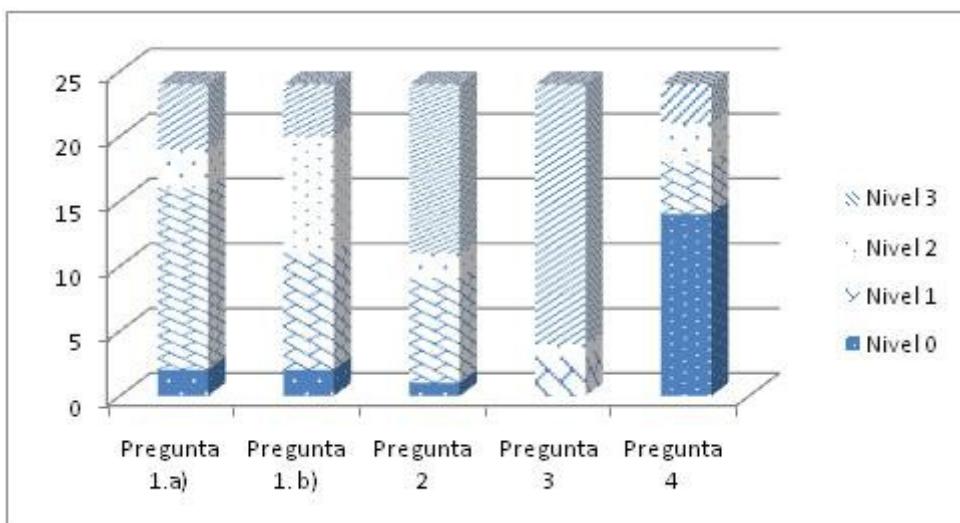


Figura 2. Representación de los diferentes niveles por cada pregunta planteada.

De las actividades relativas a la flotación de sólidos en líquidos se puede concluir que, el contexto en que un mismo sólido se posa en diferentes líquidos (Pregunta 3) constituye la situación en la que se da mayor proporción de respuestas adecuadas, (Nivel 3). En este caso, una mayoría de los estudiantes, tienen en cuenta la relación entre *densidad* y flotación. Al tratarse del mismo cuerpo, que cambia de líquido, no pueden hacer uso de la explicación monocausal más extendida (cambios en el *peso* del sólido) y se ven forzados a buscar otra interpretación. Pero, a tenor de lo que ocurre en otros contextos ello no nos garantiza que hayan asimilado perfectamente la relación *densidad* – flotación. En efecto, muchos no parecen aplicar ese tipo de planteamiento adecuado, cuando se les presenta otra situación: sólidos distintos inmersos en un mismo líquido que quedan a distinta profundidad. Si nos fijamos en la Pregunta 2 y el Nivel 3, vemos que baja la cantidad de alumnos situados en el nivel adecuado. Esto justifica que sea necesario profundizar en los motivos que llevan a los estudiantes a entender de forma distinta la *densidad*, dependiendo de la situación planteada. Como a los estudiantes se les dio la instrucción ([Anexo 1](#)) de responder a las preguntas en el orden presentado, (que creímos que era de complejidad creciente), ello impide comprobar si las respuestas hubieran sido distintas en el caso de que los estudiantes las hubieran respondido en otro orden. (Por ejemplo, haciendo la pregunta 3 en primer lugar).

Por último, para el caso particular de la flotación-inmersión de un submarino, los resultados empeoran de forma considerable. Este caso es una aplicación más compleja de lo anterior, el alumnado no es capaz de justificar de forma adecuada la situación. Una gran mayoría de los estudiantes (Nivel 0, Pregunta 4) no contesta a la pregunta o escribe un razonamiento incorrecto, exponiendo motivos como el *peso* del submarino o el contenido de aire como causas que provocan las distintas situaciones, pero no aluden al cambio de *densidad* que experimenta el submarino o incluso a una relación entre el *peso* y el *volumen* de agua desalojada. Estos resultados muestran que no han llegado a asimilar de forma completa las consecuencias que tiene la *densidad* en los cuerpos, y siguen haciendo uso de esquemas monocausales para la explicación de estos fenómenos, como indicaban Madrigal y Slisko (2010).

Para finalizar, por un lado, se hace necesario extender el estudio del concepto *densidad* a otros ejemplos de nuestra vida diaria, demostrando las carencias que muestra el alumnado en este sentido. Fernández (1988) destacaba en su trabajo la importancia del uso de situaciones contextualizadas por su valor didáctico. Este estudio abarcaría, entre otros temas, conocer la relación entre *densidad* y grado de concentración de la materia, saber cuál es la diferencia entre propiedades específicas y generales de la materia, justificar situaciones relacionadas con gases, ser capaz de diferenciar *densidad* y viscosidad, etc. Por otro lado, la realización de experiencias prácticas de inmersión de cuerpos sólidos en líquidos para demostrar la relación entre el volumen desplazado por el sólido y el volumen de éste y la justificación de la flotación de cuerpos a través del equilibrio de las fuerzas *peso* y *empuje*, en la línea sugerida por Mazzitelli *et al.* (2006), podría mejorar la asimilación de estos conceptos por parte de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Revista Educación Química*, 15(3), 60-67.
- Blanche Bante, E. (1983). *An analysis of the science education problem of teaching density as approached from two different piagetian research perspectives: operationalism and constructivism*. Illinois: University of Illinois.
- Blanco, A. (2007). *Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias*. Barcelona: Octaedro.
- Bullejos de la Higuera, J. y Sampedro Villasán, C. (1990). Diferenciación de los conceptos de masa, volumen y densidad en alumnos de BUP, mediante estrategias de cambio conceptual y metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 31-36.
- Carney, R.N. y Levin, J.R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5-26.
- Carretero, M. (1980) Tropezando muchas veces con la misma piedra. *Cuadernos de Pedagogía*, 67-68.
- Colás Bravo, M.P., Buendía Eisman, L. y Hernández Pina, F. (2009). *Competencias científicas para la realización de una tesis doctoral*. Barcelona: Davinci.
- Corona Cruz, A., Slisko, J. y Meléndez Balbuena, J.G. (2007). 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?”. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 44-50.
- Criado, A.M. y Cañal, P. (2003) Investigación de algunos indicadores del estatus cognitivo de las concepciones sobre el estado eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 29-41.
- Criado, A.M. (2010). *Didáctica de la Física y la Química*. Material docente no publicado. Universidad de Sevilla.
- Escobar Pérez, J. y Cuervo Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36.
- Fernández Fernández, J. M. (1987). Estudio del grado de persistencia de ciertos preconceptos sobre la estática de fluidos en alumnos del 2º curso del BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 27-32.

- Fernández March, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la formación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11-34.
- Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de Investigación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, 64-77.
- Havu-Nuutinen, S. (2012). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, 27(3), 259–279.
- Hsin, C.T. & Wu, H.K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 656-666.
- Joung, Y.J. (2009). Children's typically-perceived-situations of floating and sinking. *International Journal of Science Education*, 31(1), 101-127.
- Jonsson, A. y Svartberg, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 2, 130-144.
- Konstantinidou, K., Cerveró, J.M. y Castells, M. (2010). Argumentación y concepciones científicas de los estudiantes. Una interpretación y orientación didáctica desde una teoría retórico-argumentativa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 26-38.
- Lahera Claramonte, J. y Forteza Pujol, A. (2003). *Ciencias físicas en primaria y secundaria. Modelo y ejemplificaciones*. Madrid: CCS.
- Madrigal García, A. y Slisko, J. (2010). Un frasco flota en el agua y se hunde en el aceite: ¿cómo los alumnos de bachillerato explican tales hechos y qué predicen para una situación más compleja? *Latin American Journal of Physics Education*, 4(2), 408-414.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G. y Pereira, R. (2006). Identificación de las 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.
- MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte). (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Publicado en el *Boletín Oficial del Estado* No. 295, 10 de diciembre de 2013. España.
- MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte). (2015). Real Decreto 1105/2014, de 3 de enero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Publicado en el *Boletín Oficial del Estado* No. 3, 3 de enero de 2015. España.
- Murillo Torrecilla, F.J. (sin fecha). Cuestionario y escala de actitudes. *Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Formación de Profesorado y Educación*, 15 págs. https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Met_Inves_Avan/Materiales/Apuntates%20Instrumentos.pdf
- Nortes Checa, A. y Martínez Artero, R. (1994). Psicología piagetiana y educación matemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21, 59-70.
- Oliva, J.M. (1999) Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), 93-107.

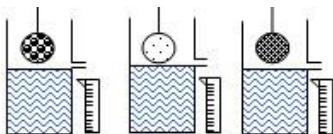
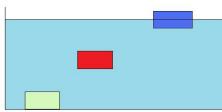
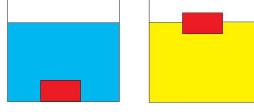
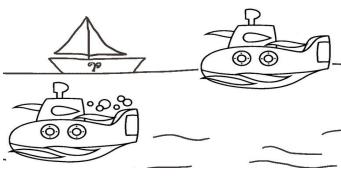
- Panadero, E., Alonso-Tapia, J. y Huertas, J.A. (2012). Rubrics and self-assessment scripts effects on self-regulation, learning and self-efficacy in secondary education. *Learning and individual differences*, 22, 806-813.
- Pérez Buendía, C. (2013). “Los cinco reinos”. *Diseño de materiales utilizando las nuevas tecnologías y evaluación de aprendizajes*. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Pozo, J.I. y Carretero, M. (1986). Desarrollo cognitivo y aprendizaje escolar, *Cuadernos de Pedagogía*, 133, 15-19.
- Raviolo, A., Moscato, M., y Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de *densidad* a través de un modelo analógico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(2), 93-103.
- Shayer, M. y Adey, P. (1986). *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid: Narcea.
- University of Kansas. (2012). RUBISTAR. Create Rubrics for your Project-Based Learning Activities. <http://rubistar.4teachers.org>

Anexo 1

Cuestionario de tareas y objetivos

IES DOÑANA (ALMONTE)**DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA**

El siguiente documento forma parte de una investigación que estamos realizando en el Departamento de Física y Química de nuestro centro. En él, con la intención de mejorar la metodología didáctica del profesorado en la enseñanza de nuestra materia, se pretende conocer las ideas del alumnado sobre determinados conceptos científicos. Se trata de responder a las actividades propuestas justificando la respuesta en el orden presentado y de la forma más razonada posible. Podéis aclarar todas las dudas sobre la interpretación de las preguntas con el profesorado presente en el aula. El documento es totalmente anónimo y confidencial. Gracias por vuestra colaboración.

PREGUNTAS	OBJETIVOS
<p>Volumen desalojado vs peso y profundidad de inmersión</p> <p>1. a) Considera tres esferas de igual forma y <i>volumen</i>, pero de materiales diferentes (plástico, aluminio y hierro) para que tengan distinto <i>peso</i>, si mides el agua desplazada por inmersión completa ¿en qué caso se desplazará más agua?</p> <p>b) ¿Cambiará el <i>volumen</i> de agua desplazada si una vez sumergido el objeto se baja a más profundidad?</p> 	<p>Comprobar que los estudiantes saben interpretar adecuadamente qué variables influyen en el <i>volumen</i> de agua desplazado por un cuerpo sólido en inmersión, analizando si las concepciones alternativas están relacionadas con el <i>peso</i> del sólido (1.a) y con la profundidad a la que se sumerge (1.b).</p>
<p>Sólidos con distinta densidad</p> <p>2. ¿Qué diferencias habrá entre las propiedades de los tres objetos que se encuentran en este recipiente con agua?</p> 	
<p>Líquidos con distinta densidad</p> <p>3. ¿A qué se deberá la situación de la figura en la que se observa un mismo sólido en recipientes con líquidos distintos?</p> 	<p>Estudiar si los estudiantes relacionan la flotabilidad de sólidos en líquidos con la diferencia de <i>densidad</i> de ambas sustancias. En este caso se tienen dos actividades puesto que pueden cambiar de <i>densidad</i> tanto los sólidos como los líquidos.</p>
<p>Sólidos con cambio de densidad</p> <p>4. ¿Cómo justificarías la situación de cada submarino?</p> 	<p>Saber si los estudiantes relacionan los conceptos de <i>densidad</i> y flotabilidad para explicar el caso particular de un submarino, como cuerpo con <i>densidad</i> susceptible de variación.</p>

Anexo 2

Matriz de valoración utilizada para el análisis de la información obtenida en el cuestionario.

Elaborada con el programa Rubistar (2012) de la Universidad de Kansas.



RubiStar (<http://rubistar.4teachers.org>)

Destrezas de Trabajo Colaborativas: : Rúbrica de valoración del cuestionario

Nombre del maestro/a: **Palacios Díaz**

Nombre del estudiante: _____

CATEGORY	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Volumen desalojado frente a peso	No contesta.	Responde que es la esfera de hierro, puesto que es la que pesa más; o responde correctamente razonando de forma incoherente.	Contesta que en los tres casos se desplaza el mismo volumen de agua, pero no lo justifica o la justificación es incompleta.	Afirma que las tres esferas desplazan el mismo volumen de agua, debido a que el volumen de las tres es el mismo.
Volumen desalojado frente a profundidad de inmersión	No contesta.	Indica que el volumen desalojado varía al sumergir la esfera a mayor profundidad.	Responde que no varía el volumen desalojado, pero no lo justifica.	Razona que el volumen desalojado no depende de la profundidad a la que se sumerge el sólido sino del volumen de éste, por tanto, no varía.
Sólidos con distinta densidad	No contesta.	Explica el fenómeno acudiendo a propiedades distintas a la densidad; o indica que, si tiene alta densidad flota y, si tiene baja se hunde.	Acude al concepto de densidad pero, además, a otras propiedades que no influyen en el fenómeno descrito.	Explica que es la diferencia de densidad entre los sólidos y el líquido la propiedad fundamental por la que ocurre el fenómeno.
Líquidos con distinta densidad	No contesta.	Explica el fenómeno utilizando, de forma incorrecta, conceptos distintos a la densidad.	Además de utilizar el término densidad en la explicación, acude a otros conceptos que no influyen en la situación descrita.	Explica que en un caso el sólido del fondo tiene más densidad que el líquido y, en el otro, el sólido que flota tiene menor densidad que el líquido.
Sólidos con cambio de densidad	No contesta, o la explicación no tiene nada que ver con el cambio de densidad que experimenta el submarino.	Nombra conceptos que tienen que ver con la densidad pero no los relaciona de forma clara, o indica que el submarino de arriba tiene más aire que el de abajo.	Indica que se debe a cambios de densidad, pero no justifica el motivo.	Explica que al vaciar el submarino el agua, la densidad de éste disminuye respecto a la del agua y sube a la superficie.