
Estudio comparativo del concepto de densidad en estudiantes de ESO y Magisterio utilizando metodologías indagativas

Beatriz Carrasquer Álvarez

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
Universidad de Zaragoza

Carmen Lázaro Peinado

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
Universidad de Zaragoza
IES Francés de Aranda

1. Descripción

En la experiencia presentada se desea mostrar el valor didáctico de las metodologías indagativas en el aprendizaje de magnitudes físicas, en concreto, en el aprendizaje de la densidad. Estas metodologías, recogidas bajo la denominación general de indagación o *inquiry*, han tenido una gran repercusión en el ámbito de la investigación educativa, pero no así en la docencia en los diversos niveles educativos.

Se presentan una serie de actividades realizadas en grupo con estudiantes de últimos cursos de ESO y con estudiantes del Grado de Magisterio. Se les pide además, con independencia de la sesión de prácticas, que rellenen un cuestionario para comprobar si entienden y han adquirido el citado concepto. En ESO se compara la evaluación del laboratorio con los resultados obtenidos de la evaluación final, y en el caso del grado, se evalúan además los cuadernos de laboratorio y un informe de tipo artículo científico acerca de la experiencia. Se contrastan los resultados de aprendizaje de los distintos niveles educativos basándose en los resultados del cuestionario.

2. Contexto de la práctica y referentes externos

En diversos niveles educativos, desde Educación Secundaria Obligatoria hasta la universidad, el alumnado mantiene dificultades para el aprendizaje significativo de contenidos básicos del currículo de ciencias. Varios estudios han aplicado modelos pedagógicos en la construcción

de conocimiento (Raviolo, Moscato y Schnersch, 2005). Estos y otros estudios (Neira, 2013) muestran incompreensión de conceptos, inadecuado manejo de razonamientos y escasa competencia en la aplicación de fórmulas y resolución de problemas, con una tendencia a reemplazar números en la fórmula de una manera mecánica, sin entender la relación directa entre las variables que la integran, derivado del uso de algoritmos de forma acrítica y mecánica en lugar de mediante una reflexión conceptual.

Los anteriores trabajos justifican un cambio en la metodología utilizada en la enseñanza de las ciencias por parte del profesorado. Son necesarias nociones elementales que llevan a un entendimiento de las variables y finalmente de los conceptos numéricos (Neira, 2013). Y es así mismo fundamental un aprendizaje significativo que requiera no solo de la práctica en el laboratorio sino de ejercitación, experimentación y metacognición simultánea, orientada por el docente (Landau, Ricchi y Torres, 2014). Este cambio de metodología debe enfocarse no tanto a los contenidos enseñados, sino a la manera de enseñarlos, con base en el principio de «aprender ciencia haciendo ciencia» mediante un descubrimiento guiado, lo que involucra un trabajo intelectual, un aprendizaje activo por parte de los alumnos, pero necesita de una formación previa, medios materiales y tiempo.

En este contexto, es de especial relevancia el papel de las prácticas de laboratorio y, sobre todo, de enfoques como el aprendizaje de las ciencias basado en la indagación, haciendo uso del conocimiento (modelos teóricos) en coordinación con los datos y recursos materiales (experimentación). A nivel europeo, este tipo de metodologías, divulgadas extraordinariamente gracias al informe Rocard (Rocard, 2007; Gobierno de España, 2009), adquieren importancia asimismo en el marco de la evaluación PISA para 2015 (OECD, 2016), en la que la competencia de identificar cuestiones científicas se sustituye por la de evaluar y diseñar indagaciones científicas.

La enseñanza a través de la indagación produce resultados positivos para el aprendizaje del alumnado debido a la autonomía del proceso y la necesidad de contextualizar el aprendizaje. Crujeiras, Gallástegui y Jiménez (2013), analizando el desempeño del alumnado durante la realización de una actividad de indagación guiada en el laboratorio, concluyen que la implantación de este tipo de experiencias fomenta el interés y favorece el desarrollo de la competencia científica. No obstante, aunque, con el apoyo adecuado el alumnado es capaz de diseñar y llevar a cabo

los experimentos, ciertas operaciones de indagación entrañan una mayor complicación para los estudiantes, los cuales tienen cierta dificultad para adaptarse al nuevo enfoque. Autores como Otero y Crujeiras (2015), y Crujeiras, Gallástegui y Jiménez (2013) sugieren la necesidad de introducir de forma regular en las aulas tareas de laboratorio que permitan la participación del alumnado en las prácticas científicas, con apoyo y guía del docente en especial en la fase de planificación y diseño de la investigación, ya que estas permiten a su vez desarrollar la competencia en el diseño de indagaciones científicas, haciendo posible que el alumnado lleve a cabo un mayor número de operaciones epistémicas, y haciéndole identificar y activar el conocimiento científico necesario para resolver el problema. De hecho, el aprendizaje de las ciencias según estos autores es un proceso de socialización dentro de la cultura científica e implica la participación de los estudiantes en las prácticas características de la comunidad científica. La participación del alumnado en las prácticas científicas implica construir el conocimiento científico y comprender por qué este se construye, examina y evalúa de una forma determinada.

La práctica que se presenta en este trabajo pretende aplicar estas técnicas de indagación al aprendizaje del concepto de densidad. El alumnado sigue vinculando su definición a su ecuación, del modo: «La densidad es el resultado de la división entre la masa y el volumen». Otros problemas que los estudiantes muestran son las unidades en que presentan los valores de densidad, o la confusión de densidad con otros conceptos afines, tales como el peso, la masa, la cantidad de materia, el volumen, la viscosidad, o con propiedades de las disoluciones (Raviolo, Moscato y Schnersch, 2005). Los estudiantes tampoco hacen alusión al cálculo experimental o medida de la densidad, y apenas son conscientes de la dependencia de la densidad en función de propiedades intensivas como la presión y/o la temperatura. Asimismo, los resultados de autores como Mazzitelli, Maturano, Nuñez y Pereira (2006) y Palacios y Criado (2014) indican que los estudiantes adquieren concepciones erróneas relacionadas con el concepto de densidad que constituyen un obstáculo que es necesario salvar antes de abordar el estudio del principio de Arquímedes. La aplicación de estrategias didácticas mediante actividades de laboratorio sencillas próximas a la realidad cotidiana del estudiante presentadas por diversos autores (Mazzitelli *et al.*, 2006; Palacios y Criado, 2014; Raviolo, Moscato y Schnersch, 2005) pone de manifiesto la necesidad de mayor experimentación y actividades prácticas para disminuir las dificultades que presentan los alumnos en la comprensión de conceptos

de ciencias, en concreto, relacionados con composición, densidad y concentración de una disolución.

3. Objetivos

Con este trabajo se pretende que el alumnado entienda el concepto de densidad como magnitud propia de las sustancias, involucrándolos mediante un proceso dinámico grupal.

En concreto, se desea:

- Mostrar el valor didáctico de las metodologías indagativas en el aprendizaje de magnitudes físicas mediante un proceso dinámico grupal, emitiendo y comprobando hipótesis, diseñando experimentos, y que mediante conversación, análisis, comprensión, reflexión, y contraste de ideas el alumnado exponga finalmente una serie de conclusiones.
- Que los estudiantes adquieran actitudes positivas hacia la ciencia y el aprendizaje de las ciencias. Que sean conscientes de que es posible el cálculo experimental de la densidad.
- Que los estudiantes sean capaces, con ayuda del docente, de planear e involucrarse en la preparación y realización de una práctica de laboratorio para trabajar la densidad.
- Que los estudiantes aprendan el concepto de densidad y lo identifiquen como propiedad específica de las sustancias, diferenciándolo de otras propiedades como el peso, la masa, la cantidad de materia, el volumen. Que interioricen las unidades en que deben presentarse los valores de densidad.
- Que los estudiantes relacionen el volumen de una sustancia con el volumen desplazado en una probeta con un líquido (principio de Arquímedes) y con el concepto de densidad.

Se quiere, además, comparar los conocimientos de dos niveles educativos, ESO y estudiantes del Grado de Magisterio.

4. Desarrollo

Se presentan una serie de actividades acerca del citado concepto realizadas en grupo durante el curso académico 2016-2017 con estudiantes de 3.º y 4.º de ESO y con estudiantes del Grado de Magisterio en la asignatura de Didáctica del medio físico y químico durante el curso 2015-2016. En concreto, se trabaja con 37 estudiantes de 3.º de ESO, 38 de 4.º de ESO,

y en la asignatura antes indicada de Magisterio de Educación Primaria, de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Zaragoza, con 60 estudiantes. Las actividades de laboratorio en ESO solo se realizaron en 3.º. En 4.º se consideró que los estudiantes debían haber adquirido el conocimiento necesario sobre ello en el curso anterior.

En una sesión independiente de la de realización de las actividades, se les pide que rellenen un cuestionario para comprobar si han adquirido el concepto de densidad. Se comparan las respuestas con los resultados obtenidos en el examen. Se incluyen preguntas en el examen similares a las planteadas durante las actividades de clase y en el cuestionario. En el caso del alumnado del Grado de Magisterio, además, se evalúan los cuadernos de laboratorio así como los informes de tipo artículo científico.

Finalmente se contrastan los resultados de aprendizaje del alumnado de ESO (nivel en el que se trabaja y utiliza dicho concepto, en la asignatura de Física y química), con el nivel del alumnado del Grado de Magisterio, dado que esos contenidos se imparten en 5.º de Educación Primaria.

Se describe a continuación en mayor detalle cómo se trabaja en cada uno de los niveles.

En 3.º de ESO, en la unidad 1 titulada «La materia y su medida» se trabaja el concepto de magnitud y medida, errores en la medida, y la densidad. Para trabajar el concepto de densidad se utiliza un programa que sigue una secuencia de actividades propias de una investigación científico-didáctica: los estudiantes emiten hipótesis, diseñan un experimento para comprobar que la densidad es una propiedad característica (realización de gráfica con distintos valores de masa y volumen para distintas sustancias), realizan el experimento y extraen las conclusiones. También se hacen ejercicios numéricos de aplicación y en otra sesión en el laboratorio se determinan densidades de distintas sustancias y, a partir de los valores obtenidos, se identifican. Las actividades consisten en:

- A partir de la densidad de una sustancia, y sabiendo o midiendo su masa, calcular el volumen, o viceversa.
- Representar masa frente a volumen para una sustancia con una densidad concreta, con ayuda de datos tomados en el laboratorio.
- Comparar densidades de distintas sustancias e identificarlas.
- Relacionar las dimensiones de un objeto con geometría sencilla (prisma cuadrangular) con su volumen, y sabiendo/midiendo su densidad, calcular la masa del objeto.

En 4.º de ESO, el concepto de densidad no se trabaja en el laboratorio; se supone que lo han aprendido en 3.º de ESO, aunque se utiliza en muchas ocasiones para calcular la masa de un cuerpo del que conozcamos el volumen y la densidad y sobre todo se emplea en la unidad 4 «Fuerzas y presiones en fluidos» en ejercicios de empuje, presión hidrostática y presión atmosférica.

Tanto en el cuestionario como en el examen de 3.º y 4.º de ESO, se incluyen preguntas del tipo:

- Dada la densidad de una sustancia, sabiendo el volumen que ocupa, calcular su masa, o viceversa.
- Representar masa frente a volumen para una sustancia con una densidad concreta.
- Dadas las dimensiones de un objeto con geometría sencilla (prisma cuadrangular) y su densidad, calcular la masa del objeto.
- Con ilustraciones similares a la que se muestra a continuación (Figura 1), que incluyen información acerca de la masa y volumen desplazado de una sustancia, calcular la densidad.
- Preguntas de verdadero o falso en las que se incluyen afirmaciones que relacionan densidad con otras propiedades que los estudiantes suelen no diferenciar correctamente de la densidad, del tipo: «Los cuerpos más densos pesan más que los cuerpos menos densos independientemente de su masa».

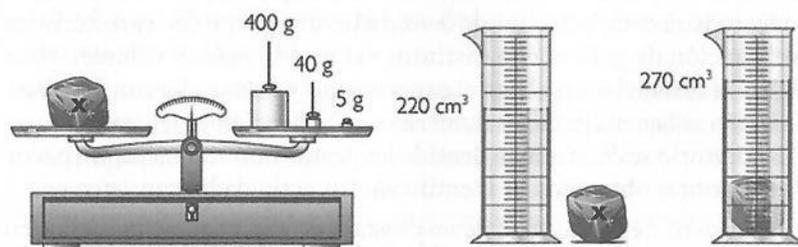


Figura 1. Ilustración de cuestionario en relación al concepto de densidad.
Fuente: <<http://www.quimicayalgomas.com/wp-content/uploads/2014/02/densidad.jpg>>.

En lo que respecta al Grado de Magisterio, asignatura de Didáctica del Medio Físico y Químico, Práctica 2: «¿Qué relación hay entre la masa y el volumen en sólidos, líquidos y gases?», se trabajan actividades similares a las planteadas en ESO, ya expuestas, y principio de Arquímedes

(método indagativo). Los estudiantes deben recoger en su cuaderno de laboratorio la descripción de la práctica con todos los datos, resultados e impresiones-conclusiones que consideren importantes para redactar un informe de tipo artículo científico. En el examen también se incluyen cuestiones en la prueba escrita final en relación al concepto de densidad, similares a las ya descritas. Se trabaja el concepto de densidad mediante un programa de actividades siguiendo el método científico. Se trabaja en grupos en el laboratorio. Los estudiantes emiten hipótesis, diseñan un experimento para comprobar que la densidad es una propiedad característica (realización de gráfica con distintos valores de masa y volumen para distintas sustancias), realizan el experimento y extraen las conclusiones. También se hacen ejercicios numéricos de aplicación. En las actividades finales tienen que trabajar por su cuenta el principio de Arquímedes y de qué factores depende el concepto de empuje. De todo esto tienen que entregar para la evaluación de la parte práctica tanto las actividades del laboratorio resueltas como un informe de laboratorio con formato de artículo científico. También se trabaja el concepto de densidad en algún ejercicio de disoluciones en el tema 3 titulado «La materia», en el que se trata la teoría cinético-molecular, disoluciones, gases.

En el examen tiene una pregunta práctica relacionada con la densidad, que normalmente consiste en completar una tabla del tipo de la de 3.º de ESO y hacer la gráfica. En el cuestionario de respuesta múltiple también hay preguntas de teoría, en general relacionadas con la densidad de sólidos, líquidos o gases o con la densidad como propiedad característica.

5. Personal implicado, recursos técnicos e infraestructuras

Las actividades presentadas se han desarrollado en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Zaragoza en el marco de la asignatura Didáctica del medio físico y químico, durante el curso 2015-2016, así como en el IES Francés de Aranda durante los cursos 2015-2016 y 2016-2017. El profesorado implicado ha sido el del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Facultad indicada, compuesto por tres profesores a tiempo completo y tres asociados. Este trabajo se ha realizado además gracias a la colaboración del alumnado de dichos niveles formativos.

Se han utilizado para las sesiones prácticas los laboratorios del IES Francés de Aranda y de Física-Química de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas del Campus Universitario de Teruel, así como materiales disponibles en ellos como probetas, balanzas, pesas, materiales de escritorio (medida de longitud, escritura), etc.

6. Herramientas de aprendizaje

Las metodologías recogidas bajo la denominación general de indagación o *inquiry*, utilizadas en la práctica que se presenta, nacen de la necesidad de una mayor formación científica de la ciudadanía para aumentar su capacidad de tomar decisiones basadas en el conocimiento (como la preocupación por la salud, el ambiente y la conservación de los recursos naturales) en un mundo en el que, en concreto, el conocimiento científico y tecnológico se encuentran en constante evolución, observándose, sin embargo, una disminución prolongada de las vocaciones científicas entre los jóvenes. Por ello, la Unión Europea encargó a un grupo de expertos en educación científica la elaboración de un informe que analizara las causas de esa deserción por los estudiantes de las ciencias y aportara posibles soluciones, el ya mencionado informe Rocard (Rocard, 2007; Gobierno de España, 2009). En dicho informe se responsabiliza de ello a las metodologías de enseñanza de las ciencias en las escuelas y se considera que aplicar una enseñanza de las ciencias basada en la indagación es la solución. Posteriores trabajos, como el de Minner, Levy y Century (2010) concluyen que es posible que se produzca una mayor comprensión conceptual gracias a enfoques basados en la indagación que con formas menos activas de aprendizaje.

Los estudiantes se forman ideas sobre el mundo natural de manera espontánea, tanto dentro como fuera de la clase de ciencias, ideas que normalmente no se forman bajo una visión científica. Sin embargo, al ser preadquiridas y trabajadas por ellos mismos, son la base para el desarrollo de ideas con enfoque científico. Relacionando estas ideas con el contexto, se forman ideas más generales necesarias para entender una gama de fenómenos relacionados. Por ello, es fundamental la acción física directa, la experiencia con el objeto real. Este es un principio esencial del constructivismo, considerándose la participación activa como un factor fundamental para un aprendizaje efectivo. En este proceso el lenguaje asume un papel clave, dando nombres a los objetos, adquiriendo consciencia de que algunas palabras usadas en ciencias tienen un significado particular, más preciso que el que se usa en el lenguaje cotidiano (Harlen, 2010). A partir de experiencias previas se busca explicación a determinado fenómeno, haciendo predicciones basadas en la hipótesis. Y es fundamental que a los estudiantes se les permita ver por ellos mismos cuáles son las ideas que concuerdan más con las pruebas, ya que, si las ideas son realmente útiles, van a ser capaces de explicar fenómenos, y si la explicación de un nuevo fenómeno mediante análisis y comparación con el resultado previsto resulta adecuada, se confirma sirviendo para explicar no solo ese sino más fenómenos.

Sin embargo, este aprendizaje requiere el apoyo del profesorado para ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades necesarias para la investigación científica. Pueden hacer «predicciones» que ya saben que son ciertas y que, por lo tanto, no comprueban una idea, o no controlan las variables que deberían mantener constantes en la prueba, por lo que las ideas que surgen no se corresponden con las pruebas (Harlen, 2006).

Las principales habilidades científicas que los estudiantes deben adquirir, y que se pretende adquieran mediante una enseñanza de las ciencias basada en la indagación son:

- Formular preguntas que puedan ser constatadas con la evidencia obtenida en una investigación.
- Plantear hipótesis sobre cómo se pueden explicar los eventos y las relaciones.
- Hacer predicciones basándose en las hipótesis.
- Utilizar la observación y la medición para reunir datos.
- Interpretar los datos y sacar conclusiones válidas a partir de las pruebas.
- Comunicar e informar de los procedimientos y conclusiones, y reflexionar sobre los mismos.

La definición de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación aprobada en la Conferencia Internacional sobre ECBI llevada a cabo en el 2010 es la siguiente:

«La enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) significa que los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas clave al aprender cómo investigar y construir su conocimiento y comprensión del mundo que los rodea. Utilizan habilidades que emplean los científicos, tales como formular preguntas, recolectar datos, razonar y analizar las pruebas a la luz de lo que ya se sabe, sacar conclusiones y discutir resultados. Este proceso de aprendizaje está completamente respaldado en una pedagogía basada en la indagación» (IAP, 2010).

De la anterior definición merece la pena destacar que los estudiantes son los agentes de su desarrollo progresivo (hacia grandes ideas) y aprendizaje, y que lo principal es construir la comprensión de los conceptos (la indagación lleva al aprendizaje conceptual).

Los estudiantes usan y desarrollan habilidades de investigación científica; no obstante, esto no es suficiente para desarrollar ideas científicas. El proceso de aprendizaje mediante el método científico implica recolectar

pruebas. Y el uso de las fuentes de información y la discusión son partes del proceso y fuentes importantes de otras ideas que pueden ser comprobadas por los estudiantes, así como sus propias ideas (Harlen, 2006, 2010).

7. Evaluación

Tanto en ESO como en Magisterio se evalúan las actividades de laboratorio teniendo en consideración aspectos tales como cuestiones planteadas, predicción y comprobación de hipótesis, procedimiento utilizado en la experiencia, aspectos conceptuales, fuentes de información, etapas del experimento, recogida de datos, presentación de resultados con respuesta crítica y conclusiones. En el Grado de Magisterio, en concreto, se evalúan las actividades de laboratorio mediante el cuaderno de laboratorio y un informe de la actividad de tipo artículo científico, teniendo en cuenta los aspectos que se acaban de mencionar.

Tanto en ESO como en Magisterio se pide a los estudiantes que rellenen un cuestionario para comprobar si han adquirido el concepto de densidad, incluyendo preguntas ya descritas en el apartado de desarrollo, de respuesta corta y verdadero o falso, para relacionar y diferenciar densidad, masa y volumen de objetos y sustancias, así como volumen de un objeto con volumen desplazado al introducirlo en un fluido, y entender densidad como una propiedad característica de una sustancia e identificar sustancias en función de su densidad.

Se comparan las respuestas de los distintos niveles educativos. Además, en ESO se contrasta la nota de laboratorio con los resultados obtenidos en las preguntas correspondientes a la densidad en el examen.

8. Principales resultados obtenidos y propuestas de mejora

Los resultados recogidos en los cuestionarios ponen de manifiesto que, principalmente en el Grado de Magisterio, gran parte del alumnado tiene problemas para indicar la ecuación de la densidad. Asimismo, a todos los niveles, en especial en 4.º de ESO, los estudiantes tienen problemas para identificar la densidad con una propiedad característica de las sustancias. La Figura 2 muestra el porcentaje, respecto del total de estudiantes de cada uno de los niveles en concreto, que relaciona masa y volumen, que indica la fórmula, que identifica densidades de distintos cuerpos, que identifica la densidad como propiedad característica de las sustancias.

Los resultados del cuestionario también muestran que el nivel de resolución y explicación y la especificación de unidades de un problema de densidad planteado al alumnado dista mucho de ser aceptable.

Sorprendentemente, 3.º de ESO es el curso en el que mejores resultados se obtienen: en torno al 50-60 % responden correctamente. En 4.º de ESO y Magisterio, el porcentaje se encuentra por debajo del 40 % de respuestas correctas, y es especialmente bajo el porcentaje que indica correctamente las unidades (Figura 3).



Figura 2. Percepción del objetivo de la experimentación (elaboración propia).

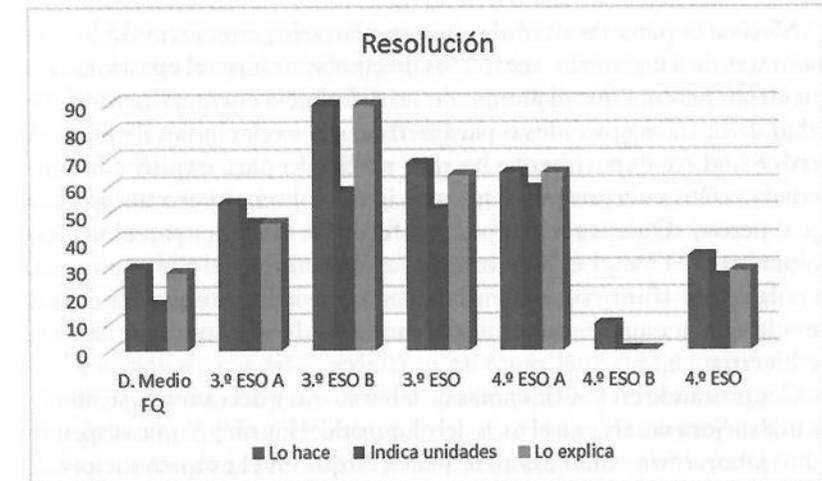


Figura 3. Resolución de un problema en torno al concepto de densidad (elaboración propia).

Además, solo en torno al 10 % de los estudiantes de 4.º de ESO relaciona la densidad de un cuerpo con el volumen que desplaza en un fluido, esto es, con el principio de Arquímedes, porcentaje que es aún menor entre los estudiantes del Grado. Un 4 % introduce conceptos ajenos a la densidad (Figura 4) tales como la gravedad.

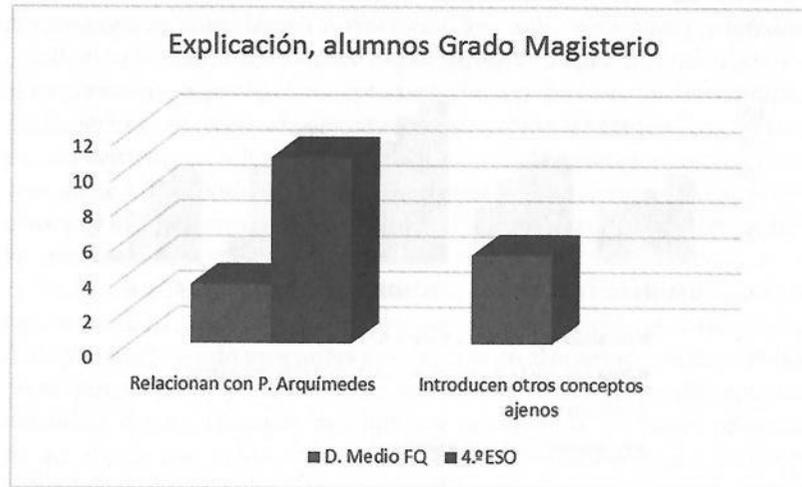


Figura 4. Relación densidad con principio de Arquímedes (elaboración propia).

Merece la pena resaltar algunos comentarios concretos de los estudiantes de Magisterio, recabados de las respuestas del cuestionario, que dejan patente que el alumnado no diferencia correctamente densidad de otras magnitudes o parámetros, o los relacionan de manera errónea: «Este experimento ha sido realizado para explicar la gravedad», «Dos cuerpos pueden tener igual volumen pero no por eso igual peso», «Quizás tengan pesos diferentes, pero ocupan el mismo volumen», «Al meter el hierro en agua, el volumen del agua aumenta, la bola de plastilina como tiene la misma densidad, aunque sea menos pesada el agua aumenta la misma cantidad de volumen que la bola de hierro».

Contrastando en ESO las notas de laboratorio y del examen, se observa una mejora notable en el 61 % del alumnado. Hay un 7 % que suspende tanto laboratorio como examen, y un 4 % que en el examen mejora la nota hasta aprobar, o viceversa, saca buena nota en la práctica pero suspende el examen (Figura 5).

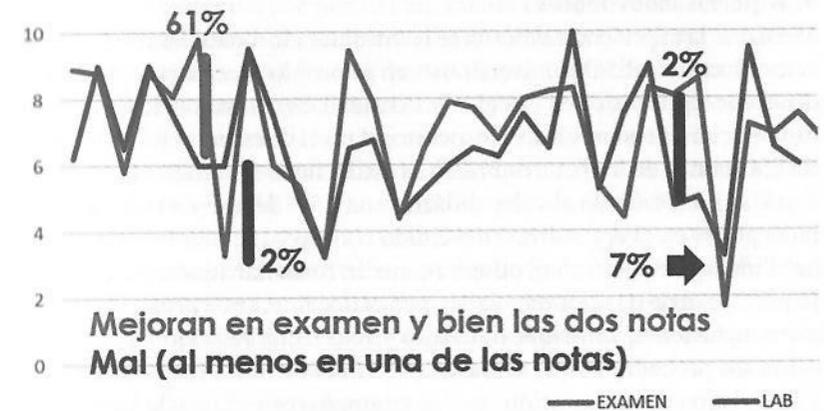


Figura 5. Comparación laboratorio-examen (elaboración propia).

Algunos aspectos que hay que tener en cuenta para mejorar en un futuro los resultados de la experiencia pasan por trabajar en todos los cursos con metodologías de indagación en el laboratorio. Se demuestra que no se debe dar por hecho que los estudiantes necesariamente hayan adquirido un aprendizaje significativo de conceptos básicos de ciencias a pesar de que se haya impartido en niveles educativos previos tal y como se pone de manifiesto en el pretest tanto en 4.º de ESO como en Magisterio. Además, se considera necesario en el planteamiento de posteriores actividades introducir una etapa de evaluación a todos los niveles, en concreto de la parte práctica, que sea todavía más completa que la llevada a cabo en esta experiencia y organizada basándose en la estructura y los contenidos de métodos de evaluación como los propuestos por autores como Hofstein (2004), Ferrés, Marbà y Sanmartí (2013) o Harlen (2013). Estos autores recogen en diagramas o rúbricas aspectos relacionados con las etapas pre y posindagación, trabajo final y observaciones del profesor, incluyendo el procedimiento utilizado, cuestiones planteadas por los propios estudiantes, predicción de hipótesis, conceptos conocidos, hechos, fuentes de información, etapas del experimento, así como datos recogidos, respuesta, discusión, evaluación y conclusiones, presentación de resultados, aplicaciones de los aprendidos a la vida real, y cooperación y comunicación durante la realización de la actividad. Por último, siempre es positivo ampliar la muestra de estudio y/o incluir otros conceptos básicos del currículo de ciencias en este tipo de actividades.

9. Aspectos innovadores

Mediante la experiencia descrita se ha involucrado a estudiantes de dos niveles educativos, ESO y universitario, en su propio proceso de aprendizaje de un concepto básico en ciencias, la densidad. Se contrastan los resultados de conocimientos previos, en concreto, el nivel de estudiantes de 3.º y 4.º de ESO con el de los futuros maestros estudiantes del Grado de Magisterio. Y se ha estudiado el valor didáctico en ESO del uso de metodologías indagativas en el aprendizaje del citado concepto. Se han fomentado sus habilidades de cuestionar, observar, medir, formular hipótesis, predecir, planificar investigaciones guiadas por el docente, interpretar datos, sacar conclusiones, informar hallazgos y hacer una reflexión autocrítica sobre los procedimientos utilizados. Y también el intercambio de ideas y el trabajo en colaboración con los compañeros y el uso de términos y representaciones científicas, tratando de aplicar lo aprendido a las ideas preexistentes de los estudiantes y a un contexto de la vida real.

La experiencia ha abarcado tanto la determinación de masas y densidades de objetos de interés usando balanzas y métodos experimentales como el uso del método de Arquímedes para determinar densidades, así como el estudio de la densidad de fluidos, interiorizando dicha propiedad como característica de las sustancias. Se ha reforzado el conocimiento relacionado con varios contenidos de ESO, tanto de física como de química, desde la teoría cinético-molecular y la estructura de la materia, y su medida, mezclas y disoluciones, como fuerza y presiones de fluidos. Además, se ha ampliado el enfoque de trabajo basado en el método indagativo en Magisterio, ya que en la evaluación de la parte práctica se han tenido en cuenta no solo las actividades del laboratorio sino también un informe de laboratorio con formato de artículo científico (difusión de resultados).

10. Conclusiones

Se ha puesto de manifiesto el valor didáctico de las metodologías indagativas en el aprendizaje de magnitudes físicas, en concreto de la densidad. Con ayuda del docente, adquiere su principal utilidad para los estudiantes planeando e involucrándose en la preparación y realización de una práctica de laboratorio, mediante trabajo dinámico y grupal, con emisión y comprobación de hipótesis, diseño de experimentos, conversación, análisis, comprensión, reflexión, y contraste de ideas y exposición de conclusiones. Ello hace que el alumnado sea consciente de que determinadas magnitudes y propiedades se pueden medir/calcular mediante experiencias de laboratorio.

Los conocimientos previos del alumnado coinciden con los expuestos en diversos estudios, poniendo de manifiesto que la mayor parte tiene problemas para definir la densidad, para identificarla como una propiedad característica de las sustancias, la suele confundir con otras magnitudes y no especifica correctamente sus unidades. Debe mencionarse que los estudiantes del Grado de Magisterio no muestran mayor nivel previo que los de ESO. Los estudiantes de 3.º de ESO resuelven y explican mejor que los de 4.º de ESO. Los resultados demuestran que un aprendizaje no necesariamente se ha adquirido de manera significativa a pesar de que se haya impartido en niveles educativos previos, algo que hay que tener en cuenta cuando en un futuro se plantee poner en práctica estos métodos para reforzar el aprendizaje de determinados conceptos básicos del currículo de ciencias.

La enseñanza de las ciencias tiene diferentes metas y para alcanzarlas se necesitan diferentes enfoques educativos y no solo la indagación, tales como la instrucción directa (uso de equipos, comunicar información, aprender vocabulario y simbología). No obstante, en el aprendizaje de conceptos, la indagación es una herramienta que se ha demostrado útil y efectiva. El profesorado debe estar al tanto de cómo a partir de las pequeñas ideas se construyen ideas mayores (sistemas complejos) que son la meta de la enseñanza de las ciencias y de fomentar estas últimas en su justa medida. El alumnado debe adquirir ideas sobre los procesos para llegar a estas ideas clave entendiendo cómo se desarrollan las ideas científicas, sus fortalezas y limitaciones. En este sentido, se deben realizar actividades que hagan participar a los estudiantes y que ellos consideren interesantes, cercanas a su entorno, a las que puedan dar un significado y que representen un desafío para ellos. Por tanto el docente debe ser quien proporcione fuentes de información, promueva habilidades indagatorias haciendo que los estudiantes cuestionen sus ideas, mediante participación en grupo y discusión crítica, autoeficacia, independencia guiada y autorreflexión sobre sus procesos, ritmo y resultados de aprendizaje.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo del proyecto PIIDUZ_16_257 de Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza, 2016-2017.

Bibliografía

CRUJEIRAS, B.; GALLÁSTEGUI, J. R. y JIMÉNEZ, M. P. (2013): «Indagación en el laboratorio de Química». *Alambique*, n.º 74, pp. 49-56.

FERRÉS, C.; MARBÀ, A. y SANMARTÍ, N. (2014): «Evaluación de la competencia de indagación científica de los bachilleres». Grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències) Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona. Recuperado el 21 de septiembre 2017 de: <<http://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/posteres/pdf/110.3-Ferres-3-P.pdf>>.

HARLEN, W. (2006): *Teaching, Learning and Assessing Science 5-12*, Londres, Sage.

——— (2010): *Principles and Big ideas of Science Education*, Hatfield, Association for Science Education.

HOFSTEIN, A. (2004): «El laboratorio en la educación de la química: treinta años de experiencia con desarrollos, implementación e investigación». *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 5 (3), pp. 247-264.

IAP (INTERACADEMY PANEL ON INTERNATIONAL ISSUES) (2010): «International Conference: Taking Inquiry-Based Science Education into the Secondary School». [Soporte digital]. Recuperado el 10 de junio de 2017 de: <www.interacademies.net/File.aspx?id=15174>.

LANDAU, L.; RICCHI, G. y TORRES, N. (2014): «Disoluciones: ¿contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo?». *Educación Química*, n.º 25 (1), pp. 21-29.

MAZZITELLI, C. MATURANO, C. NÚÑEZ, G. y PEREIRA, R. (2006): «Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos». *Eureka. Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, n.º 3 (1), pp. 33-50.

MINNER, D. D.; LEVY, A. J. y CENTURY, J. (2010): «Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984-2002». *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 47 (4), pp. 474-496.

NEIRA, G. I. (2013): «Dificultades detectadas al pasar del álgebra al cálculo en educación matemática». *Revista Infancias Imágenes*, n.º 12 (1), pp. 44-50.

OCDE (2016): *Pisa 2015. Resultados clave*. Recuperado el 21 de septiembre de 2017 de: <<https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>>.

OTERO, S. y CRUJEIRAS, B. (2016): «Indagación en el laboratorio de física de secundaria: ¿cuáles serían las mejores condiciones para hacer kayak?». *ReiDoCrea*, n.º 5, pp. 235-246.

PALACIOS-DÍAZ, R. y CRIADO GARCÍA-LEGAZ, A. M. (2014): *Concepto de volumen de agua desplazada en estudiantes de secundaria*. Recuperado el 21 de septiembre de 2017 de: <<https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/32891>>.

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*, n.º 18 (2), pp. 93-103.

ROCARD, M. (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. [Soporte digital]. European Commission. Recuperado el 10 de junio de 2017 de: <http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf>.