



# Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad

## What it is not said about mass, volume and density in the Spanish students' books of Compulsory Secondary Education

Rafael Palacios-Díaz

*Departamento de Física y Química. IES Hipatia. Mairena del Aljarafe. Sevilla. España.*

*Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.*

rapadies@yahoo.es

Ana María Criado

*Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.*

acriado@us.es

**RESUMEN** • En el presente trabajo se hace una evaluación de la forma en la que se exponen en los libros de texto españoles de segundo (LOMCE) y tercer curso (LOE) de educación secundaria obligatoria (ESO) los conceptos volumen, masa y densidad. La intención es establecer la presencia o ausencia de elementos, en este recurso, que puedan ayudar a eliminar, o a favorecer, las concepciones alternativas asociadas a estos conceptos que poseen los estudiantes. Los resultados demuestran que los libros LOE suelen presentar carencias relativas a estos conceptos, que no mejoran sustancialmente con la implantación de la LOMCE. En general, los libros introducen la densidad como una fórmula matemática sin previa aclaración cualitativa. Tampoco suelen tratar las concepciones alternativas, como las confusiones existentes entre densidad y viscosidad.

**PALABRAS CLAVE:** materia; densidad; concepciones alternativas; evaluación de textos; enseñanza secundaria.

**ABSTRACT** • This paper analyses the way in which the concepts of volume, mass and density are shown in the Spanish students' books for the second (LOMCE) and the third year (LOE) of Compulsory Secondary Education. The intention is to establish the presence or absence of elements in this resource, which can help us to eliminate, or to promote, the alternative conceptions associated with these concepts that students have. The results show that LOE text books present lack of several aspects related to these concepts, which don't improve substantially with the implementation of LOMCE. In general, students' books introduce density like a mathematical equation without previous qualitative explanation about its meaning. Moreover, they don't use to deal with alternative conceptions, like those related to the confusions between density and viscosity.

**KEYWORDS:** matter; density; misconceptions; text evaluation; secondary education.

Recepción: julio 2016 • Aceptación: enero 2017 • Publicación: junio 2017

Palacios-Díaz, R., Criado, A.M., (2017). Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.2, pp. 51-70

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es evidenciar si la argumentación que ofrecen los libros de texto de segundo y tercer curso de ESO sigue las prescripciones de la didáctica de las ciencias en relación con el tratamiento de los conceptos elementales volumen, masa y densidad. Durante el desarrollo de esta investigación vivimos el tránsito de una ley de educación (LOE) a otra (LOMCE). Este hecho provocó que los contenidos mencionados, que con la LOE se presentaban con mayor profundidad en tercero, pasaran a segundo curso. De este modo, consideramos necesario incluir un breve sondeo de la evolución que ha sufrido el libro de una misma editorial en este cambio.

La constatación, derivada de nuestra experiencia docente, de deficiencias en algunos libros propició la hipótesis de que la enseñanza de los textos podría seguir haciéndose a espaldas del conocimiento didáctico actual.

El papel relevante que juegan los libros de texto en la enseñanza ha sido extensamente documentado (Azcarate y Serradó, 2006; Cañal y Criado, 2002; Perales y Jiménez, 2002; Del Carmen y Jiménez, 2010; Martins y Brigas, 2005), en síntesis, «son los referentes directos de los contenidos que se abordan en el aula, de los ejemplos que se utilizan, de las actividades que se desarrollan y de los problemas que se proponen y que resuelven los alumnos» (Díaz y Pandiella, 2007: 425).

Atendiendo a la temática de nuestro estudio, la importancia que tiene el conocimiento de la densidad, desde un punto de vista académico, radica en la necesidad de su uso para explicar la flotabilidad relativa de dos líquidos, el principio de Arquímedes y muchas otras cuestiones de nivel cualitativo y cuantitativo. Ello la convierte en una noción imprescindible (Botero, 2010). Pero, a pesar de que este concepto (junto con los de masa y volumen) se considera básico, nuestra experiencia didáctica con alumnado adolescente nos indica que tienen dificultades en su aplicación (Palacios-Díaz y Criado, 2016). Parece que usan la densidad como un concepto huidizo, que lo encuentran poco diferenciado de los de masa o peso y, por tanto, innecesario a la hora de interpretar fenómenos de la vida cotidiana (Hitt, 2005).

Entre las concepciones alternativas que presentan estos estudiantes, Raviolo, Moscato y Schnersch (2005) destacan:

- Suelen asociar cambios de forma con cambios de volumen.
- No diferencian la densidad de las propiedades extensivas (que Bullejos y Sampedro, 1990, en su trabajo atribuyen, principalmente, a una enseñanza basada en la verbalización y que no tiene en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes, ni las dificultades que presentan estos a la hora de diferenciar los conceptos de volumen, masa y densidad).
- No conocen si influyen o no la temperatura y la presión sobre las propiedades de la materia.
- No asocian la densidad con una característica específica que permite diferenciar unas sustancias puras de otras.
- No tienen claro la diferencia entre densidad y viscosidad.

Además de estas, el uso por parte de los estudiantes de *esquemas monocausales* para la explicación de los fenómenos (un efecto solo tiene una causa) da lugar a que expliquen la flotación de sólidos en líquidos en función del peso del objeto y en menor proporción con la longitud del cuerpo, su forma o la presencia de espacios llenos de aire dentro de este (Madrigal y Slisko, 2010).

La literatura señala que, para el caso específico de la densidad, es necesario insistir en su carácter intensivo (Yeend, Loverude y Gonzalez, 2001) y conseguir una comprensión de las dos variables extensivas (masa y volumen) de las que depende (Dole, Hilton, Hilton y Goos, 2013) para lograr una correcta asimilación y evitar así estas concepciones. Además, se requiere el diseño de actividades que fomenten la interpretación de los datos obtenidos para apoyar la explicación de los fenómenos estudia-

dos en cada caso (Morris, Masnick, Baker y Junglen, 2015). Llorens, De Jaime y Llopis (1989) resaltan la importancia de una correcta precisión en el uso de lenguaje para la comprensión de estos conceptos a partir de fenómenos experimentales.

Una vez constatado que persisten ideas inadecuadas y dificultades al aplicar los conceptos de volumen, masa y densidad, nos planteamos que es presumible que los libros de texto nos den pistas de dónde pueden estar las raíces de algunas dificultades. Si bien es cierto que el desarrollo del conocimiento de los estudiantes no solo se debe a la lectura directa del texto, sino también a cómo presenta el profesor el contenido de estos textos (Michinel y D'Alessandro, 1994; Cortés, 2006).

La hipótesis de trabajo está fundamentada en nuestra experiencia docente utilizando textos de tercero de ESO y en estudios presentes en la bibliografía. Entre otras deficiencias se encuentra el desarrollo de habilidades y destrezas mecánicas basadas, en la mayoría de los casos, en cálculos matemáticos que no van acompañados de significado físico paralelo (González y Sierra, 2004). No obstante, los textos han experimentado una evolución, en palabras de Jiménez y Perales (2001):

La transición experimentada en estos años podría resumirse en la transformación del libro continente para el alumnado en el libro guión para el profesorado.

... observamos dos tendencias muy generales. Por una parte, estarían los libros de corte más tradicional y, por la otra, los libros influenciados por tendencias asociadas al proceso de reforma de la educación secundaria, como puedan ser el constructivismo y el movimiento de las concepciones alternativas de los alumnos (Jiménez y Perales, 2001: 18).

Sin embargo, teniendo en cuenta las carencias didácticas y epistemológicas descritas en diferentes estudios sobre el libro de texto, no creemos que el cambio hacia el constructivismo y la detección de concepciones alternativas se esté llevando a término de manera satisfactoria. De forma general, encontramos en estos textos errores conceptuales, y una terminología científica demasiado específica para el alumnado al que va dirigido y falta de explicaciones aclaratorias de los fenómenos que se presentan (Occelli y Valeiras, 2013). En concreto, sobresalen además las siguientes carencias:

- Ausencia del tratamiento de las ideas previas de los alumnos respecto al concepto estudiado (Caldeira, 2005).
- Escasas referencias a la metodología científica, lo que imposibilita a los estudiantes el aprendizaje de las características implícitas y explícitas de esta metodología (Binns y Bell, 2015).
- Simplificación de contenidos conceptuales, lo que impide a los estudiantes identificar las causas de los fenómenos físicos estudiados (Alcocer, Carrión, Alonso y Campanario, 2004).
- Presentación de argumentaciones que no están suficientemente claras (Catalán, Caballero y Moreira, 2009).
- Aportación de información que no se encuentra de forma ordenada (Jiménez y Perales, 2001).
- Poca creatividad de los autores de estos libros, dedicándose a reproducir actividades, creando un material con la finalidad de exponer lo que es necesario aprender, más que un material con el que hay que aprender (Pardo, 2004).
- Planteamiento de actividades, en general, orientadas a la repetición de conceptos y a la aplicación directa de la teoría (Ferreiro y Occelli, 2008). De este modo, las actividades cumplen la mera función de demostrar conceptos de la ciencias en lugar de ser un complemento de un proceso de investigación (Morris *et al.*, 2015).
- Las actividades experimentales destacan por su presencia anecdótica, predominando un aprendizaje basado en la teoría que sigue la inercia de la enseñanza científica llevada a cabo durante años (García y Martínez, 2003).

Todos estos inconvenientes, mostrados por la bibliografía, sobre los textos que los docentes manejamos en las aulas deben ser conocidos y corregidos de alguna manera para conseguir que el aprendizaje sea significativo pues, de otro modo, surgirán problemas de comprensión, adquisición de ideas erróneas y falta de argumentación (Cid y Dasilva, 2012).

Además, de forma específica y en relación con los contenidos que nos ocupan, la literatura señala en los textos las siguientes deficiencias:

- No exponen con profundidad la relación entre la masa y el volumen (Mazzitelli, Maturano, Núñez, Pereira y Macías, 2005).
- Se presenta el concepto densidad, relacionado con algún ejemplo concreto, como definición, donde las actividades se estructuran con el único objetivo de aplicar una fórmula matemática, mecanizando el proceso de enseñanza (Aguilar, 2011).
- Tratan la densidad (propiedad específica) de forma separada a los conceptos de masa y volumen (propiedades generales de las que depende), obligando al alumnado a emplear bastante tiempo y esfuerzo para conseguir una comprensión plena de este concepto (Hashweh, 2016).

La estrategia de enseñanza prototípica parece encajar con las deficiencias encontradas en los textos. Consiste, en primer lugar, en plantear la definición del concepto únicamente en función del cociente entre masa y volumen, sin intentar aproximaciones cualitativas previas. Posteriormente, se aclaran cuáles son las unidades más comúnmente utilizadas, indicando que en el Sistema Internacional (SI en adelante) se expresa en  $\text{kg}/\text{m}^3$ . En ocasiones, se presenta el densímetro como instrumento de medida directa de densidad en los líquidos y, por último, se procede a la resolución matemática de ejercicios mediante la expresión  $d=m/V$ . De esta forma, el estudio de este concepto se reduce a una simple resolución matemática que no conduciría a una comprensión de este en situaciones de la vida real (Botero, 2010).

Para que estos libros presenten un lenguaje claro que facilite la comprensión por parte de los estudiantes y que abarque la totalidad del concepto que se vaya a estudiar, es necesario la existencia de una buena argumentación, antes mencionada por Catalán *et al.* (2009). Esta se considera una herramienta fundamental para que el aprendizaje científico del alumnado sea lo más completo posible, pues le permite diferenciar entre las opiniones individuales y las conclusiones experimentalmente demostrables (Jiménez, Álvarez y Lago, 2005). La comprensión de la argumentación y la consecuente construcción de significados vendrán determinadas por la forma en la que se enuncian y se presentan los contenidos en los textos (Concari, Pozzo y Giorgi, 1999) y, con estas premisas, hemos desarrollado este trabajo de investigación.

Además de lo anterior y basándonos en el trabajo de Caldeira (2005), creemos que para que los textos de secundaria en ciencias sean una herramienta útil tanto para el profesorado como para el alumnado deben contener las siguientes características:

- Evitar los errores científicos.
- Tener en cuenta las concepciones alternativas del alumnado.
- Contener el concepto que se vaya a tratar en toda su amplitud.
- Disponer de diversidad de actividades.
- Promover el cambio conceptual.
- Contener imágenes integradas con el texto que sean fácilmente interpretables.

En la bibliografía, podemos encontrar numerosos estudios relacionados con nuestra temática de trabajo, sobre concepciones alternativas y dificultades de comprensión en estudiantes de ESO, como ya comentamos anteriormente. También, trabajos que analizan el tratamiento que hacen sobre los con-

tenidos que nos ocupan los libros de texto (Mazzitelli *et al.*, 2005; Slisko, 2005; Aguilar, 2011; etc.). Incluso, hay numerosas investigaciones que consideran la forma en la que los profesores usan estos libros (Cachapuz, Malaquias, Martins Thomaz y Vasconcelos, 1989; Gottfried y Kyle, 1992; Digisi y Willett, 1995; etc.).

Con este trabajo pretendemos contribuir a ampliar estas aportaciones que nos ofrece la bibliografía de la manera que sigue:

- Averiguando, de forma exhaustiva, si los textos, por omisión, pueden contribuir a que las ideas inadecuadas vinculadas con los contenidos sobre volumen, masa y densidad se perpetúen.
- Realizando un amplio barrido que abarque el máximo número de aspectos asociados a estos contenidos, incluyendo situaciones que impliquen a los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso).

Analizando las preguntas planteadas en el protocolo de análisis se observan las novedades de este estudio frente a los realizados en la literatura mencionada.

## MÉTODO

### Muestra

Para llevar a cabo los objetivos descritos en la introducción de este trabajo, se han revisado 12 libros de texto de tercer curso de ESO editados bajo las directrices de la LOE y 5 libros de segundo curso que siguen las directrices de la LOMCE, elegidos de forma aleatoria (anexo I). Los libros están codificados alfabéticamente de la *A* a la *L* y para distinguir aquellas editoriales que se han analizado tanto en la LOE como en la LOMCE, se han marcado con la misma referencia alfabética pero añadiendo la letra *a*, para tercero (LOE) y *b*, para segundo curso (LOMCE).

La tabla del anexo I (tabla 5), está basada en los trabajos de Díaz y Pandiella (2007) y Martín, Prieto y Jiménez (2013). En esta tabla se indica, para cada uno de los textos analizados, la referencia asignada al libro, editorial, año de edición y curso.

### Instrumentos

En primer lugar, con la ayuda de la bibliografía, se elaboró un borrador del protocolo de análisis de textos por el primer autor de este trabajo, basado en el trabajo de Cortés (2006), que fue revisado, posteriormente, por el segundo autor. A continuación, se procedió con la validación de expertos por dos especialistas en Didáctica de las Ciencias del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad donde se realiza la investigación. En este proceso se revisó, de manera exhaustiva, que los bloques de contenidos que se debían evaluar en los textos y sus ítems respectivos comprendieran un amplio barrido de los aspectos que se consideraba que los textos deberían atender para contribuir al aprendizaje significativo. Fruto de este desarrollo surgieron 18 ítems en total si bien, por motivos de excesiva extensión, solo se exponen los resultados de 12 de ellos. En momentos posteriores, se probó también, de forma independiente, si el protocolo era útil en el análisis de algunos ejemplos de los capítulos de los libros previstos y se pusieron en común los resultados.

Tras los acuerdos en la redacción (y la inclusión de alguna cuestión no prevista inicialmente) surgió la versión final del instrumento de análisis. La heterogeneidad en el número de ítems de cada bloque (distribuidos y redactados como muestran las tablas 2 a 4) tiene que ver con la diversa complejidad de los aspectos a los que se refiere (tabla 1).

Tabla 1.  
Relación entre ítems y bloques de contenidos

Ítems	Bloques de contenidos
1 a 6	I. Forma de presentación de los conceptos masa, volumen y densidad, así como de las unidades más frecuentes en las que se expresan estas magnitudes.
7 a 9	II. Circunstancias en las que se conservan o cambian la masa, el volumen o la densidad de sólidos, líquidos y gases.
10 a 12	III. Tratamiento de la densidad como propiedad específica de la materia.

Fuente: Elaboración propia.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL INSTRUMENTO

A continuación se presenta una descripción de los objetivos que se pretenden con cada uno de los ítems que forman el protocolo de análisis de texto, cuya redacción está basada en el trabajo de Furió-Gómez, Solbes y Furió-Más (2006). En esta descripción, presentamos algunas ideas sobre la forma adecuada en la que podrían aparecer los diversos aspectos en los libros, fundamentadas en la literatura o en nuestra propia experiencia docente.

### *Bloque I*

1. *¿Aparecen ejemplos sobre la masa y/o el volumen de objetos y materiales cotidianos? En caso afirmativo, ¿cuáles?*

Con esta pregunta se pretende saber si en los textos aparecen actividades de familiarización de masas y de volúmenes de objetos cotidianos. Se podría citar el caso de los dosificadores de los jarabes, de donde se pueden establecer equivalencias entre un volumen de 10 ml y una cucharada sopera, etc.

2. *¿Aparece la definición de densidad de forma directa, como un cociente, sin introducción cualitativa previa? Si no es así, ¿cómo aparece?*

Es lógico pensar que en todos los libros de secundaria en los que se trata el tema de la densidad aparezca la definición del concepto, de una u otra forma. Pero es interesante ver cómo lo hace, si de forma cualitativa previamente (lo cual creemos aconsejable) o si se pasa directamente a traducir la expresión matemática a palabras. También si se hace alguna referencia a la diferencia con la masa y/o el peso. Se trata de saber si los textos intentan abordar esas ideas.

3. *¿Se ejemplifican densidades de sustancias cotidianas?*

Se trata de saber si el libro de texto contiene referencias a materiales de uso cotidiano, como la fibra de carbono. También sería interesante que aparecieran situaciones en las que el cambio de densidad es un indicador en la vida cotidiana, como medir la carga de una batería por la densidad del ácido sulfúrico que la compone (Young y Freedman, 2009).

Estas densidades podrán aparecer en una tabla o en los enunciados de actividades propuestas.

4. *¿Se indican las diferentes unidades en las que suele aparecer expresada la densidad de las sustancias, ampliando la inclusión a las del SI? En caso afirmativo, ¿cuáles?*

Es importante que los textos aclaren la diferencia entre las unidades comúnmente más usadas (como  $\text{g/cm}^3$  o  $\text{g/ml}$ ) y las que pertenecen al SI ( $\text{kg/m}^3$ ), y que fomenten el uso de ambas.



5. *¿Se muestran ejemplos de cómo realizar cambios de unidades de densidad?*

Los cambios de unidades mediante factor de conversión no siempre resultan sencillos de aplicar por parte de los estudiantes, sobre todo cuando son dos las unidades que hay que convertir a la vez. Esto ocurre, por ejemplo, en el cambio de unidades de masa/volumen. Sería oportuno, por tanto, que este aspecto apareciera.

6. *¿Aparecen ejemplos de cálculo de densidades de sustancias?*

Esta pregunta hace referencia a si aparecen en el texto, una vez realizada la explicación teórica, algún ejemplo resuelto del cálculo de densidades de sustancias o de objetos. La finalidad de estos ejemplos suele ser familiarizar al estudiante con los cálculos numéricos, utilizando la expresión de la densidad. A partir de la masa y el volumen de sustancias que resulten familiares para los estudiantes, se les podría plantear que hicieran el cálculo de la densidad, expresándola en las unidades correctas e interpretando el resultado obtenido.

## *Bloque II*

7. *¿Se explicitan las propiedades que permanecen constantes en los cambios de forma de las sustancias?*

8. *¿Se justifica el cambio de densidad para los estados sólido, líquido y gas para una misma sustancia? En caso afirmativo, ¿de qué forma?*

Con estas dos cuestiones se pretende saber si los textos citan de alguna forma la invariabilidad de la densidad, siempre que se trate de una misma sustancia y no cambien sus condiciones de presión y temperatura.

También se analiza, por ejemplo, si justifican esta importancia, en la posibilidad de la vida en los fondos oceánicos polares gracias a la menor densidad del hielo, por la densidad anómala del agua. Se considera adecuado, por ejemplo, hacer referencia a la diferencia de densidades de sólidos y líquidos comparada con la de los gases, unas 1000 veces inferior las de estos últimos (Serway y Jewett, 2008).

Sería pertinente que el texto hiciera referencia de forma explícita a la diferencia de densidad que experimentan las sustancias en los cambios de estado.

9. *¿Aparecen ejemplos o explicaciones en torno al hecho de que los gases también tienen alguna de las propiedades: masa, volumen y densidad? En caso afirmativo, ¿cuáles de ellas?*

La experiencia docente nos ha planteado, en ocasiones, situaciones en las que observamos que los estudiantes consideran los gases como entes sin ningún tipo de propiedad física. Sería conveniente realizar un paralelismo entre el estado gaseoso y los otros dos estados de la materia.

## *Bloque III*

10. *¿Aparece la clasificación explícita entre propiedades específicas y generales de la materia? En caso negativo, ¿se hace referencia de alguna manera a ellas?*

En la mayoría de los textos suele aparecer la clasificación entre propiedades generales y específicas de la materia, no obstante es conveniente confirmarlo. Sería necesario resaltar este aspecto en los libros, por ejemplo, indicando que cuando el material que forma dos objetos es el mismo, sus densidades serán iguales.

11. *¿Se ponen ejemplos de la independencia de la densidad de una misma sustancia con la cantidad de materia de esta? En caso afirmativo, ¿cuál?*

Esta pregunta sigue la línea de las dos anteriores, en el sentido de que al ser la densidad una propiedad específica, no va a depender de la cantidad de materia de la que se trate. La experiencia nos demuestra que si no insistimos en esta idea, son muchos los estudiantes que relacionan una menor densidad con una menor masa.

12. *¿Se resalta la diferencia entre los conceptos de densidad, viscosidad y concentración? Se describirá en caso afirmativo.*

No es de extrañar que los estudiantes confundan densidad y viscosidad o densidad y concentración, si los textos no abordan esa idea previa y, además, no la trata el profesorado.

La confusión por parte de los estudiantes de los conceptos densidad y viscosidad se debe a que, en el lenguaje cotidiano, cuando nos referimos a la textura de sustancias como el aceite se dice que es denso, en lugar de utilizar correctamente la palabra viscoso. Esta confusión se suele mantener a lo largo de la etapa de secundaria (Giraldo, Cañada, Dávila y Melo, 2014).

Por otro lado, Landau, Ricchi y Torres (2014) han estudiado la confusión de estudiantes de primer curso universitario de química entre los conceptos densidad y concentración, comprobando que puede atribuirse a la similitud que presentan sus unidades. Será fundamental, por tanto, insistir en esta diferencia en los estudiantes de ESO si no queremos que estas dificultades perduren en el tiempo.

### **Procedimiento de análisis**

La recogida de la información de los aspectos mencionados con anterioridad fue realizada por el primer autor del presente trabajo, verificando la presencia o ausencia de los aspectos señalados y destacando la ausencia de dificultades en la aplicación del protocolo. Este autor contrastó, intrajuez, la información obtenida dos meses después de su obtención. A lo largo del proceso, con el objetivo de asegurar la fiabilidad de la información recabada, se consensuaron aspectos dudosos de los resultados con el segundo autor del trabajo.

## **RESULTADOS**

Los resultados de la frecuencia con la que cada aspecto buscado aparece en los 17 textos analizados se muestran a continuación en tres tablas (de 2 a 4). En ellas se especifica en la misma columna en cuál de los textos analizados aparece el ítem correspondiente y, cuando es pertinente, la forma en la que aparece. En la columna de la derecha se encuentra la frecuencia absoluta de los libros (F), diferenciando LOE y LOMCE. La estructura del análisis de los resultados está inspirada en el trabajo de Morón-Romero, Criado y Morón (2001).

### **Resultados relacionados con el bloque I de ítems**

La primera parte del análisis está dedicada al estudio de la aparición de ejemplos cotidianos relacionados con la densidad. Los resultados de los ítems analizados se muestran en la tabla 2.



Tabla 2.  
Frecuencia de los aspectos relacionados con el bloque I

Ítems	F	
	N=12	N=5
<p>1. ¿Aparecen ejemplos sobre la masa y/o el volumen de objetos y materiales cotidianos? En caso afirmativo, ¿cuáles?</p> <p>Sí: E, Ha, Ka, Lb</p> <p><i>Masa</i></p> <p>Coche, billete, pelo: E</p> <p>Se pide que se relacione una serie de masas con un coche de fórmula 1, un litro de agua, un mosquito, el planeta Tierra y una persona: Ha</p> <p>Se propone a los estudiantes que estimen de tres objetos (tornillo, botella de agua y trozo de madera), cuál tendría mayor cantidad de materia: Lb</p> <p><i>Volumen</i></p> <p>Tetrabrik: Ka</p> <p>No: A, Ba, Bb, C, Da, Db, F, G, Hb, I, J, Kb, La</p>	3	1
<p>2. ¿Aparece la definición de densidad de forma directa, como un cociente, sin introducción cualitativa previa? Si no es así, ¿cómo aparece?</p> <p>Sí: Ba, Bb, Da, Db, F, G, Ha, Hb, J, K, La</p> <p>No: A, C, E, I, Kb, Lb</p> <p>Compara materiales de igual volumen y distinta masa y materiales de igual masa y distinto volumen, sin aparecer la definición de densidad, únicamente la expresión matemática: A</p> <p>La densidad aparece como justificación que dos cuerpos distintos con el mismo volumen no tengan la misma masa: C</p> <p>Introduce la definición tras ejemplificar la flotación de nenúfares en agua: E</p> <p>No se trata la densidad como tal. Aparece únicamente en las actividades finales, planteando la práctica de flotación de un huevo en agua: I</p> <p>Se introduce mediante la comparación de masas de dos volúmenes iguales de hielo y de acero: Kb</p> <p>Aunque aparece primero la definición, en la misma página se ponen ejemplos de la densidad del mar muerto, de la facilidad para hundirse en el agua de una piscina frente al agua del mar y la propuesta de experimentar con latas de refresco de cola normal y la cola zero: Lb</p>	8 4	3 2
<p>3. ¿Se ponen ejemplos de valores de densidades de sustancias cotidianas?</p> <p>Sí: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, J, Ka, Kb, La, Lb</p> <p>No: I</p>	11 1	5 0
<p>4. ¿Se indican las diferentes unidades en las que suele aparecer expresada la densidad de las sustancias, ampliando la inclusión a las del SI? En caso afirmativo, ¿cuáles?</p> <p>Sí: Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, J, Ka, Kb, La, Lb</p> <p>g/cm<sup>3</sup>: C, Da, Db, E, F, G, Ka, Kb, La, Lb</p> <p>mg/cm<sup>3</sup>, kg/cm<sup>3</sup>: Da</p> <p>g/ml: Bb, E, Ha, Hb, J</p> <p>kg/l: F</p> <p>g/l: C, Hb</p> <p>No: A, Ba, I</p>	9 3	5 0
<p>5. ¿Se muestran ejemplos de cómo realizar cambios de unidades de densidad?</p> <p>Sí: Ba, Bb, Da, F, G, Ha, Hb</p> <p>No: A, C, Db, E, I, J, Ka, Kb, La, Lb</p>	5 7	2 3
<p>6. ¿Aparecen ejemplos de cálculo de densidades de sustancias?</p> <p>Sí: Ba, Bb, Da, Db, E, F, G, J, Kb, La, Lb</p> <p>No: A, C, Ha, Hb, I, Ka</p>	7 5	4 1

En este análisis se observa que:

- En la mayoría de los textos LOE (9/12) no se ejemplifican valores de masas o volúmenes de objetos cotidianos y, en los que sí aparecen ejemplos, estos son escasos y únicamente corresponden a una de las dos magnitudes señaladas. Esta relación se sigue manteniendo, prácticamente, en los textos LOMCE (4/5).
- Es frecuente que la definición de densidad aparezca de manera directa, como una verbalización de la fórmula matemática y, aunque en los nuevos libros la proporción se mantiene, dos de las editoriales (K y L) han mejorado este aspecto en sus textos.
- Sí aparecen ejemplos de densidades de sustancias (que se han omitido en la tabla de este trabajo), siendo los más comunes las de aluminio, hierro, agua, aceite y mercurio. Las dos primeras son sustancias sólidas, mientras que las otras tres son líquidas. La ejemplificación de densidades para el caso de los gases es menor que para sólidos y líquidos, siendo las más frecuentes las de dióxido de carbono, aire y butano.
- En cuanto a las unidades en las que se presenta la densidad, la mayoría indica que esta magnitud se puede expresar también en otras unidades distintas a las del SI, manteniendo las editoriales los mismos ejemplos con el cambio de ley, siendo la más usada  $g/cm^3$ . Sin embargo, siguen siendo pocos los libros que indican cómo se llevan a cabo los cambios de unidades, dando por entendido este aspecto por parte de los estudiantes.

En síntesis, se podría indicar como aspecto destacado y levemente diferenciador, una mejora en la forma de introducir la densidad en los libros de texto de la LOMCE respecto a los de la LOE, persistiendo las deficiencias relacionadas con ejemplos cotidianos sobre el volumen y la masa.

### Resultados relacionados con el bloque II de ítems

En la tabla 3 se exponen los resultados asociados con la posibilidad de conservación de la masa, volumen y densidad de las sustancias, frente a determinados cambios.

Tabla 3.  
Frecuencia de los aspectos relacionados con el bloque II

Ítems	F	
	N=12	N=5
7. ¿Se explicitan las propiedades que permanecen constantes en los cambios de forma de las sustancias? Sí: Kb Justifica qué le ocurre al volumen, la masa y la densidad de las sustancias en los cambios de estado: 11b No: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, J, Ka, La, Lb	0  12	1  5
8. ¿Se justifica el cambio de densidad para los estados sólido, líquido y gas para una misma sustancia? En caso afirmativo, ¿de qué forma? Sí: A, Bb, E, Hb, I, J, Ka, Kb, Lb Se explica el caso anómalo del agua: A, Bb, E Justifica que al calentar un cuerpo aumenta su volumen y, por tanto, disminuye su densidad: E Señala que los sólidos tienen elevada densidad debido a la cercanía de sus partículas y, por tanto, menor volumen; al contrario que los líquidos: J Indica que los sólidos tienen en general mayor densidad que los líquidos y estos mayor que los gases: A, Hb, I, Ka, Kb Se propone la comprobación experimental del espacio que ocupa el agua en estado sólido y líquido: Lb No: Ba, C, Da, Db, F, G, Ha, La	5      7	4      1



Ítems	F	
	N=12	N=5
<p>11. ¿Se ponen ejemplos de la independencia de la densidad de una misma sustancia con la cantidad de materia de esta? En caso afirmativo, ¿cuál?</p> <p>Sí: Da, F, Ha, Kb                      Se pide en una actividad que se justifique si la densidad de un objeto depende de su tamaño: Da                      «Todos los objetos de una misma sustancia, en las mismas condiciones de presión y temperatura, tienen la misma densidad»: F                      Se indica que su valor no depende de la cantidad de materia del cuerpo, a diferencia de lo que ocurre con la masa y el volumen: H                      El texto señala que «una cucharada de aceite tiene la misma densidad que toda una botella»: Kb                      No: A, Ba, Bb, C, Db, E, G, Hb, I, J, K, La, Lb</p>	3	1
<p>12. ¿Se resalta la diferencia entre los conceptos de densidad, viscosidad y concentración? Se describirá en caso afirmativo.</p> <p>a) <i>Densidad vs viscosidad</i>                      Sí: Bb, J, Ka                      Hace mención a la «fluidez», como «propiedad que permite a un material deslizarse por un conducto»: J                      Se define la viscosidad como la «oposición de un fluido a desplazarse»: Ka                      Se muestra una experimentación para demostrar que densidad y viscosidad no son lo mismo: 2b                      No: A, Ba, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, Kb, La, Lb</p>	2	1
<p>b) <i>Densidad vs concentración</i>                      Sí: A, Ba, C, Da, F, G, Ha, Ka, La, Lb                      Además de resaltar la diferencia entre los dos conceptos, se presentan actividades resueltas: A, Ba, G, Ha                      Señala la diferencia entre ambos pero no lo ejemplifica: Ka                      Indica que «la concentración en % en masa se puede obtener conociendo la densidad de la disolución», mostrando ejemplificaciones, pero no explica la diferencia entre ambos: C                      Únicamente se muestran actividades resueltas donde se usan ambas magnitudes: Da, K, La, Lb                      No Bb, Db, E, Hb, I, J, Kb</p>	10	4
	9	1
	3	4

De este análisis se deduce lo siguiente:

- Es frecuente que en los libros de texto estudiados aparezca de forma explícita la clasificación y definición entre propiedades específicas y generales de la materia.
- Pocos son los textos, antiguos o nuevos, que exponen ejemplos de que la densidad de una sustancia no depende de la cantidad de materia de esta.
- Por otro lado, los libros no diferencian entre viscosidad y densidad, de hecho ni siquiera suele aparecer el concepto de viscosidad. Si bien es cierto que en los libros J y Ka, pertenecientes a la LOE, aparecen las definiciones de fluidez y viscosidad, respectivamente, en la misma página que la densidad, aunque no se menciona cuál es la diferencia. La frecuente confusión entre estos contenidos no se aborda en la inmensa mayoría de los textos. El único texto que ofrece un apartado específico para tratar estos contenidos es el libro Bb (LOMCE).
- Finalmente, es positivo el hecho de que la mayoría de los libros LOE (9/12) advierten de la diferencia entre la densidad y la concentración. De ellos, cinco (A, Ba, G, Ha y Ka) apuntan que podría haber confusión entre la concentración en masa y la densidad por poder expresarse en las mismas unidades (g/l). Algunos incluso adjuntan actividades resueltas para su aclaración, y son pocos los que no anotan nada sobre estas diferencias (3/12). Sin embargo, resulta llamativo que, con la entrada de la LOMCE, las editoriales prescindan de este tratamiento que sí realizaron en los textos previos (Bb, Db, Hb, Kb).

Para los aspectos relacionados con este último bloque, observamos un estancamiento por parte de las editoriales en la forma de tratar los contenidos con la LOMCE y, en el caso del tratamiento que resalte la diferencia entre densidad y concentración, un retroceso.

## CONCLUSIONES

Contestando a las preguntas que nos hicimos al comienzo de este trabajo, vamos a presentar las conclusiones a las que hemos llegado en el mismo orden en el que se han investigado.

### Relacionadas con el bloque I

En los libros de texto analizados no es habitual encontrar ejemplos de masa o volúmenes de objetos cotidianos. Tampoco se pone suficiente énfasis en las distintas unidades en las que se puede expresar la densidad. En pocos libros se indica cómo se llevan a cabo estos cambios de unidades, dando por entendido este aspecto por parte de los estudiantes y, consecuentemente, provocando el vacío procedimental señalado por Aguilar (2011). De esta forma, como concluye este autor, en muchos casos, tras la definición del concepto como una traducción de la ecuación, se pasa a la resolución de ejercicios centrados en cálculos matemáticos, más que en análisis del significado físico y su diferenciación de otros conceptos.

Por otro lado, sí se ejemplifican valores numéricos de densidades de numerosas sustancias en los distintos estados de agregación, aunque disminuyen estos ejemplos en el caso de los gases. En estos libros suelen aparecer actividades resueltas de cálculo de densidades de sustancias, si bien no tratan de forma explícita las distintas unidades en las que puede expresarse la densidad. También, aplican la ecuación  $d=m/V$  para su resolución numérica, sin abordar ningún tipo de explicación cualitativa (consecuencias del resultado obtenido, necesidad de que las unidades sean homogéneas, comparación con densidades de otro tipo de materia, etc.), aspecto que mejora levemente en los textos LOMCE. Es decir, no realizan una profundización cualitativa de la relación entre las variables que intervienen (Mazzitelli *et al.*, 2005).

Este análisis confirma lo indicado por Aguilar (2011) en su trabajo. La simplificación del concepto, presentándolo simplemente como un cociente, provoca que su aprendizaje consista en una mera retención mecánica y que el estudiante no llegue a realizar una comprensión significativa. Por tanto, no dan la oportunidad de relacionar, a través de un lenguaje adecuado, los conceptos científicos con los hechos experimentales, con el fin de evitar la aparición de concepciones alternativas en los estudiantes (Llorens *et al.*, 1989). Todo esto, consecuentemente, contribuye a favorecer la enseñanza basada en la verbalización señalada por Bullejos y Sampedro (1990).

Además, se suponen asimilados los conceptos masa y volumen, no apareciendo las recomendaciones de Dole *et al.* (2013) sobre la realización de actividades experimentales previas con estos conceptos.

### Relacionadas con el bloque II

El análisis realizado en los libros de texto de la muestra pone de manifiesto que el tratamiento es desigual y bastante mejorable. Ninguno recuerda que un cambio de forma no altera el valor del volumen de un fluido. Como consecuencia, el vínculo establecido por los estudiantes entre cambio de forma y cambio de volumen, señalado por Raviolo *et al.* (2005), es muy probable que siga manifestándose como parte de sus concepciones alternativas.

Menos de la mitad de los textos LOE hacen referencia al cambio de densidad esperable en la materia al cambiar de estado (aspecto mejorado con la nueva ley), observándose más dedicación a tratar la distinta densidad que presenta una sustancia dependiendo del estado en el que se encuentre. Solo un libro de los analizados hace mención a las propiedades anómalas que presenta el agua en este sentido. En la mayoría de los libros se hace referencia al volumen de los gases, pero en pocos a su masa, peso y densidad, que es precisamente donde tropiezan los estudiantes.

### Relacionadas con el bloque III

Por último, en todos los textos aparece la clasificación y definición de propiedades específicas y generales de la materia, incluyendo la densidad como una característica específica de la sustancia. Es positivo que los textos incidan en este aspecto, pues nuestra experiencia docente nos indica la dificultad de que los estudiantes lleguen a asimilar esta clasificación como herramienta para diferenciar sustancias (Raviolo *et al.*, 2005). De hecho, algunos piensan que la densidad depende de la masa de la sustancia, que es otra concepción poco anticipada en los libros analizados.

Por último, es destacable la ausencia en los textos de la diferenciación entre densidad y viscosidad, aspecto tratado de forma muy sutil únicamente por uno de los textos LOMCE analizados. No es de extrañar que los estudiantes no diferencien estos conceptos, que en la vida cotidiana se confunden, si los textos no abordan esa idea previa y, además, no se trata específicamente en el aula. Resulta llamativo, sin embargo, que la diferencia entre densidad y concentración, recalcada en la mayoría de los textos LOE, desaparezca en los textos LOMCE de las mismas editoriales.

En síntesis, los resultados de esta investigación revelan que, si bien no hemos encontrado en los textos errores científicos relativos a la presentación de los contenidos sobre volumen, masa y densidad, existen diversos aspectos que deben mejorar para conseguir un aprendizaje significativo por parte del alumnado.

La evolución en la forma de presentar los contenidos, mencionada por Jiménez y Perales (2011), no se ha producido de forma significativa tras la comparación de los textos LOE y LOMCE analizados. Creemos que en ciertas situaciones existe un estancamiento e incluso un retroceso (diferencia entre densidad y concentración). Es verdad que no se puede responsabilizar de forma exclusiva a los libros de texto de la aparición de algunas concepciones alternativas de los estudiantes (Cortés, 2006), sino que también influirá la forma en la que el profesorado presente el contenido de estos (Michinel y D'Alessandro, 1994). Aun así, estamos convencidos de que contribuyen a su origen y/o permanencia (Binns y Bell, 2015). Todavía seguimos observando que se abordan conceptos mediante una fórmula matemática, impidiendo la comprensión de fenómenos de la vida cotidiana (Botero, 2010) y obligando a los estudiantes a dedicar bastante esfuerzo para lograr que su aprendizaje sea significativo (Hashweh, 2016). Los resultados de este trabajo muestran que los textos analizados (tanto LOE como LOMCE), ni prevén las concepciones alternativas, ni siguen la evolución que puedan sufrir estas durante el proceso de enseñanza, ni proporcionan un abanico suficiente de ejemplos que contengan el concepto que se debe tratar en toda su amplitud (Caldeira, 2005).

Ante esta situación no se trata de prescindir de los libros de texto que, como ya hemos mencionado, son referentes directos de los contenidos que se abordan en el aula (Díaz y Pandiella, 2007) y, en muchos aspectos, resultan muy útiles al profesorado. De hecho, hay editoriales (Elzevir, entre otras) que proponen programas de actividades bastante acordes con las prescripciones de la Didáctica de las Ciencias. Pero las analizadas en este caso son mejorables en los aspectos señalados.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR RODRÍGUEZ, F.Y. (2011). *Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de densidad y presión abordados en la educación básica secundaria*. Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- ALCOCER, L., CARRIÓN, R., ALONSO, J. J. y CAMPANARIO, J. M. (2004). Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), 98-122.
- BARROW, L. H. (2006). A brief history of inquiry: from dewey to standars. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278  
<https://doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>
- BINNS, I.C. y BELL, R.L. (2015). Representation of scientific methodology in secondary science textbooks. *Science & Education*, 24, 913-936.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-015-9765-7>
- BOTERO Quiceno, H.J. (2010). Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los CONCEPTOS estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Colegio Hispanoamericano. Revista de Educación y Pensamiento*, 23-31.
- 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.
- CACHAPUZ, A. F., MALAQUIAS, I., MARTINS, I., THOMAZ, M. y VASCONCELOS, N. (1989). *O ensino-aprendizagem da Física e Química: Resultados globais de um questionário a professores*. Universidad de Aveiro.
- CALDEIRA, M. H. (2005). Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser? *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 167-184.
- CATALÁN, L., CABALLERO SAHELICES, C. y MARCO ANTONIO MOREIRA, M. A. (2009). Los libros de texto usados por los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(3), 656-664.
- CID MANZADO, R. y DASILVA ALONSO, G. (2012). Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 329-337.
- CONCARI, S. B., POZZO, R. L. y GIORGI, S. M. (1999). Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 273-280.
- CORTÉS GRACIA, A. L. (2006). Análisis de los contenidos sobre «permeabilidad» en los libros de texto de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 136-160.
- CRiado, A. M. (2000). *Un estudio didáctico en torno a la enseñanza de aspectos básicos de la electrostática en la formación inicial de maestros*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- DÍAZ, L. y PANDIELLA, S. (2007). Categorización de las ilustraciones presentes en libros de texto de Tecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 424-441.
- DIGISI, L. L., y WILLET, J. B. (1995). What high school biology teachers say about their textbook use: a descriptive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 123-142.  
<https://doi.org/10.1002/tea.3660320204>
- DOLE, S., HILTON, G., HILTON, A. y GOOS, M. (2013). *Considering Density through a Numeracy Lens: Implications for Science Teaching*. International Conference New Perspectives in Science Education, Florence, 14-15 March.

- FURIÓ-GÓMEZ, C., SOLBES MATARREDONA, J. y FURIÓ-MÁS, C. (2006). Análisis crítico de la presentación del tema de Termoquímica en los libros de texto de Bachillerato y Universidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 20, 47-68.
- GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, C. (2003). Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Extra, 5-16.
- GIRALDO TORO, M. T., CAÑADA CAÑADA, F., DÁVILA ACEDO, M. A. y MELO NIÑO, M. V. (2014). Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 37, 51-70.
- GONZÁLEZ ASTUDILLO, M. T. y SIERRA VÁZQUEZ, M. (2004). Metodología de análisis de libros de texto de matemáticas. Los puntos críticos en la enseñanza secundaria en España durante el siglo XX. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 389-408.
- GOTTFRIED, S. S., y KYLE, W. C. (1992). Textbook use and the biology education desired state. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 35-49.  
<https://doi.org/10.1002/tea.3660290105>
- HASHWEH, M. Z. (2016). The complexity of teaching density in middle school. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 1-24.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1042854>
- HITT, A. M. (2005). Attacking a dense problem: a learner-centered approach to teaching density. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 42(1), 25-29.  
<https://doi.org/10.3200/sats.42.1.25-29>
- JIMÉNEZ VALLADARES, J. D. y PERALES PALACIOS, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 3-19
- LANDAU, L., RICCHI, G. y TORRES, N. (2014). Disoluciones: ¿contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Didáctica de la Química*, 25(1), 21-29.  
[https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70519-1](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70519-1)
- LLORENS, J. A., De JAIME, M. C. y LLOPIS, R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 111-119.
- 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.
- MARTÍN GÁMEZ, C., PRIETO RUIZ, T. y JIMÉNEZ LÓPEZ, A. (2013). El problema de la producción y el consumo de energía: ¿cómo es tratado en los libros de texto de educación secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 153-171.
- MAZZITELLI, C., MATURANO, C., NÚÑEZ, G., PEREIRA, R. y MACÍAS, A. (2005). ¿Aportan los libros de texto soluciones a las dificultades de los alumnos sobre la flotación de los cuerpos? *Enseñanza de las Ciencias*, Extra, VII Congreso.
- MICHINEL MACHADO, J. L. y D'ALESSANDRO MARTÍNEZ, A. (1994). El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 369-380.
- MORÓN-ROMERO, M.C.; CRIADO, A.M. y MORÓN, M. J. (2001). Aspectos mejorables en la introducción de conceptos básicos de electrostática en los libros de texto. *XXVIII Reunión Bienal Real Sociedad Española De Física y 11º Encuentro Ibérico para la enseñanza de la Física*. Universidad de Sevilla (España).

- MORRIS, B. J., MASNICK, A. M., BAKER, K y JUNGLEN, A. (2015). An analysis of data activities and instructional supports in middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 37(16), 2708–2720.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1101655>
- OCCELLI, M. y VALEIRAS, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.
- PALACIOS-DÍAZ, R. y CRIADO, 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.
- PARDO SANTANO, P. (2006). ¿Qué actividades proponen los libros de texto elaborados para enseñar Geología? *Pulso*, 27, 49-60.
- RAVILOLO, 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.
- SERWAY, R. A. y JEWETT, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. Santa Fe, México: Cengage Learning.
- SLISKO, J. (2005). Sacándole más jugo al problema de la corona. Primera parte: el tratamiento conceptual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 364-373.
- YEEND, R. E., LOVERUDE, M. E. y GONZALEZ, B. L. (2001). *Student understanding of density: a cross-age investigation*. Physics Education Research Conference, Rochester, 25-26 July.  
<https://doi.org/10.1119/perc.2001.pr.020>
- YOUNG, H. D. y FREEDMAN, R. A. (2009). *Física universitaria volumen 1*. Naucalpan de Juarez, México: Pearson Educación.

## ANEXO I

Tabla 5.  
Libros de texto analizados  
de tercero de ESO de Física y Química

<i>Libro</i>	<i>Editorial</i>	<i>Año de edición</i>	<i>Curso</i>
A	Oxford	2010	3.º
Ba	Anaya	2010	3.º
Bb	Anaya	2016	2.º
C	Edelvives	2010	3.º
Da	Bruño	2011	3.º
Db	Bruño	2016	2.º
E	Everest	2011	3.º
F	Editex	2011	3.º
G	SM	2010	3.º
Ha	Grazalema Santillana	2010	3.º
Hb	Grazalema Santillana	2016	2.º
I	Guadiel	2007	3.º
J	Teide	2010	3.º
Ka	Algaida	2011	3.º
Kb	Algaida	2016	2.º
La	Mc Graw Hill	2007	3.º
Lb	Mc Graw Hill	2016	2.º

---

# What is not said about mass, volume and density in the Spanish students' books of Compulsory Secondary Education

Rafael Palacios-Díaz

Departamento de Física y Química. IES Hipatia. Mairena del Aljarafe. Sevilla. España.

Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.  
rapadies@yahoo.es

Ana María Criado

Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.  
acriado@us.es

An evaluation is made about the way in which the concepts of volume, mass and density are shown in the Spanish students' books for the second (LOMCE) and the third year (LOE) of Compulsory Secondary Education (ESO).

The intention of this work is to figure out exhaustively whether texts, due to omission, can contribute to the perpetuation of alternative ideas related to such contents. This is complemented with an extensive sweep that includes situations involving the three states of matter and their changes.

Twelve textbooks for the third year of ESO edited under the guidelines of the previous law (LOE) and 5 books for second course that follow the guidelines of the new law (LOMCE) have been revised, chosen in a random way.

The analysis protocol used is descriptive and consists of 18 items classified in three blocks of contents, although in the work only the results of 12 of them are displayed. The results are summarized as follows:

In general, books introduce density as a mathematical formula without a prior qualitative introduction to its meaning.

Although there are some examples of values of substance densities (with few cases of gases), they do not include examples of materials of possible interest such as graphene.

Graphically, only a minority of the analysed books highlight the contrast between the values of densities of solid substances. The books for the new law are better in this aspect.

Few books indicate how unit changes are made.

Only one LOMCE text book treats the variation of volume, mass and density in changes in the state of the substance.

They do not tackle alternative conceptions such as that the water displaced by a solid in complete immersion does not depend on the weight of the solid or the depth to which it is immersed. But they often reproduce the same example of the «measure of the volume of a stone immersed in water», under the false premise that the students lack previous inadequate ideas about it.

The volume of the gases is addressed, but their mass is hardly mentioned, contributing to some students' beliefs that gases «don't have any mass (weight)».

In the separation of substances by decantation, the example of water and oil appears systematically. But it is not used to show other examples as the decanting in the purification of the water or the manufacturing of essential oils.

The variation in volume and pressure of gases with temperature are present, generally, in all the texts. But only one book (LOE edition) discusses how the degree of compaction of gases changes with temperature, by means of a hot-air balloon instance.

The proposal for examples of buoyancy of solids in liquids has improved in some books by certain publishers when moving from one law to the next one. But aspects such as the variable buoyancy of an object in the same liquid are not discussed in any of the analysed books. Moreover, they do not give examples which tackle the reason why a submarine is able to vary its depth of immersion or the role of the swimming bladder in fish.

The classification and definition of specific and general properties of matter are often explicitly stated, but there are few texts that show how the density of a substance does not depend on the amount of matter in it.

Most LOE books warn about the difference between density and concentration and some of them attach activities in that regard. However, with the entry of the LOMCE, publishers do without this treatment.

The texts do not address confusions as widespread as those between density and viscosity.

In short, the books under the previous law are often lacking, and texts designed according to the new law improve in some cases, but experience a setback in other aspects.