



Universidad de Sevilla

Facultad de Ciencias de la Educación

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales

**APRENDIZAJE DE PROPIEDADES ELEMENTALES DE LA
MATERIA: *VOLUMEN, MASA Y DENSIDAD*, EN ESTUDIANTES DE
ESO**

Tesis Doctoral

Presentada por: **Rafael Palacios-Díaz**

Dirigida por: **Dra. D^a Ana M^a Criado García-Legaz**

Junio, 2017

"En la mayoría de escuelas se dedica demasiado tiempo a la enseñanza de la lectura y la escritura, y se mandan a los niños demasiados deberes, mientras que apenas se realizan ejercicios prácticos para completar su formación científica." Marie Curie (1867-1934)

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas deseo expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado de una u otra forma, haciendo que este trabajo de investigación se hiciera realidad.

A mi directora, Dra. D^a Ana María Criado, por sus incansables orientaciones y correcciones, en este largo camino que hemos recorrido sin descanso.

A los miembros del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, por su colaboración desinteresada en todo momento.

A mis compañeros de los IES Doñana (Almonte) e Hipatia (Mairena del Aljarafe), por sus continuas aportaciones.

A mi amiga Lidia, por su apoyo incondicional y fundamental, por compartir tantos y difíciles momentos y por su trabajo incombustible.

A mi amigo Fernando, por sus perseverantes correcciones en inglés y por hacer que la palabra amistad tenga verdadero significado.

A mi familia y, en especial a mis padres, por sentir este esfuerzo aún más que yo mismo.

A mi mujer, María del Mar, por compartir tantas horas delante del ordenador, por su comprensión y paciencia y por hacer que todo este trabajo tenga sentido.

Gracias a todos.

RESUMEN

En este trabajo se pretende realizar una aportación a la Didáctica de las Ciencias Experimentales, mediante el diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza que ayude al alumnado de secundaria obligatoria a asimilar los conceptos básicos *volumen*, *masa* y *densidad* tratados en esta etapa. Con este objetivo, la investigación se estructura en tres estudios relativos a la enseñanza fundamentada de dichos conceptos: análisis de las concepciones alternativas, análisis de los libros de texto; y elaboración, aplicación y evaluación de una propuesta de enseñanza.

Los instrumentos de análisis, para cada estudio, se indican en las líneas siguientes:

Para el análisis de las concepciones alternativas de alumnos en el primer estudio (Muestra 1): cuestionarios de respuestas abiertas.

Para el análisis de los libros de texto: protocolos/plantilla de presencia- ausencia.

Para la investigación de la propuesta de enseñanza implementada (Muestra 2): cuestionarios inicial y final de respuestas abiertas (pretest y posttest) estructurado en cinco aspectos fundamentales, relacionados con el *volumen*, la *masa* y la *densidad*; hojas de resultados con la respuesta de los estudiantes a las actividades de la unidad; y, diario e informe final del profesor.

Los resultados sobre concepciones alternativas, indican que el alumnado que finaliza tercero de ESO, presenta dificultades en la explicación de los fenómenos planteados. Entre estas dificultades: la asociación de cambios de forma con cambios de *volumen*, la influencia del *peso* o la profundidad de inmersión en el *volumen* desalojado de líquido cuando se sumerge totalmente un sólido en él, la ausencia de *masa* en gases o la confusión entre *densidad* y *viscosidad*; destacan por ser las más arraigadas. Además, es de señalar que, la mayoría de los estudiantes de la muestra estudiada, no son capaces de estimar valores aproximados de *masa* o *volumen* de objetos frecuentes en su vida diaria. Tampoco consideran la *densidad* como una propiedad que sirva para diferenciar unas sustancias de otras, y solo unos pocos consideran que la *densidad* no depende de la cantidad de sustancia. Utilizan mejor la interpretación adecuada de la flotación cuando se trata comparar lo ocurrido con

un mismo sólido en diferentes líquidos, que cuando la situación contempla varios sólidos en un mismo líquido.

Estas circunstancias revelan las carencias en la estrategia de enseñanza utilizada para el tratamiento de estos contenidos.

En el análisis de los textos de ESO se buscó la presencia o ausencia de elementos que pudieran tener relación con las concepciones alternativas mencionadas, llevando a cabo una comparativa entre los publicados según la ley anterior (LOE) y los que se rigen por la legislación actual (LOMCE). En general, los libros introducen la *densidad* como una fórmula matemática sin una presentación cualitativa previa de su significado. Aunque aparecen ejemplos de valores de densidades de sustancias (habiendo pocos casos de gases), no incluyen ejemplos de materiales de posible interés como el grafeno. De forma gráfica, solo una minoría de los libros analizados resalta el contraste entre los valores de densidades de sustancias sólidas, mejorando este tratamiento los libros de la nueva ley. No se abordan las concepciones alternativas relativas a que el agua desalojada por un sólido en completa inmersión no depende del peso del sólido ni de la profundidad a la que se sumerja. Pero suelen reproducir el mismo ejemplo de la “medida del *volumen* de una piedra inmersa en agua”, bajo la falsa premisa de que los alumnos carecen de ideas previas inadecuadas al respecto. En la separación de sustancias por *decantación*, aparece sistemáticamente el caso del agua y aceite. Pero no se aprovecha para mostrar otros ejemplos, como la decantación en la depuración del agua o en la fabricación de aceites esenciales. La propuesta de ejemplos de *flotación* sólidos en líquidos ha mejorado en algunas editoriales al pasar de una ley a la siguiente. Pero aspectos como la flotabilidad variable de un objeto en un mismo líquido, no se discute en ninguno de los libros analizados.

Por último, la propuesta de enseñanza está fundamentada en la metodología por investigación dirigida y aplicada a alumnado de tercer curso de ESO. Consiste en un programa de actividades (23, de tipo experimental, en siete sesiones) que sigue una secuencia construida con el objetivo de ir paliando las dificultades que se han anticipado en los estudios anteriores. La metodología, de forma general, consiste en comenzar con una situación problemática de interés a partir de la cual los estudiantes emiten hipótesis de partida. A continuación deben pensar en algún método que les lleve a la comprobación de estas hipótesis, obteniendo datos y emitiendo conclusiones. La función del profesor es servir de guía en el proceso de

aprendizaje. Los participantes fueron los alumnos (de dos grupos homogéneos) del autor de la investigación. Tras el desarrollo y análisis de la propuesta, los resultados revelan, en primer lugar, una mejora significativa entre las respuestas del pretest y las del posttest. Entre ellas, la asimilación de que el *volumen* de líquido que desaloja un sólido al sumergirse totalmente en él depende del *volumen* de este, la utilización de la *densidad* para la identificación de sustancias, la diferenciación entre *densidad* y *viscosidad* o la asimilación de que el estado gaseoso presenta las mismas propiedades que los otros estados. Del mismo modo, observamos una adaptación progresiva a la metodología de enseñanza propuesta y una mayor autonomía en el desarrollo del trabajo experimental. Esta evolución se da, sobre todo, en aquellos procedimientos relacionados con la identificación del problema propuesto, la formulación de predicciones e hipótesis y el establecimiento de conclusiones. Si bien, detectamos cierta intermitencia en la medición de magnitudes, recogida de datos y utilización de las técnicas básicas de laboratorio, según las sesiones y actividades, aspectos que consideramos necesario seguir trabajando. Por último, advertimos también una mejora en la actitud de aprendizaje ante las ciencias.

No obstante, se ha detectado la necesidad de ampliar el número de ejemplos donde aplicar los conocimientos, para garantizar la superación de algunas concepciones alternativas más arraigadas y que esto se haga extensivo a una mayoría de alumnos.

ABSTRACT

This research expects to contribute to Science Education by designing, implementing and assessing a teaching proposal that will help the ESO (compulsory secondary education) students to assimilate the basic concepts of *volume*, *mass* and *density*, addressed at this stage. With this aim, the research is structured in three studies related to the teaching of such concepts: analysis of alternative conceptions, analysis of textbooks; and production, implementation and evaluation of a teaching proposal.

The instruments of analysis used for each study, are indicated in the following lines:

Open-answer questionnaires, for the first study (Sample 1).

Presence-absence protocols/template, for the analysis of textbooks:

Initial and final open-answer questionnaires, structured in five fundamental aspects, related to *volume*, *mass* and *density*; result sheets with the students' answers to the activities from the unit; and, diary and final report of the teacher, for the investigation of the implemented teaching proposal (Sample 2).

The results about alternative conceptions indicate that students who finish the third year of ESO, present difficulties in explaining the suggested phenomena. Some of these difficulties are: the association between shape changes and *volume* changes, the influence of *weight* or immersion depth on the *volume* of displaced liquid when a solid is totally immersed in it, the absence of *mass* in gases or the confusion between *density* and *viscosity*; they stand out for being the most unshakable. In addition, it is noteworthy that most of the students in the sample studied are not able to estimate approximate values of mass or volume of common objects in their daily life. Nor do they consider density as a property that serves to differentiate substances from others, and only a few consider that density does not depend on the amount of substance. They use the proper interpretation of flotation better when comparing what happened with the same solid in different liquids, than when the situation contemplates several solids in the same liquid.

These circumstances reveal the shortcomings in the teaching strategy used for the treatment of these contents

In the analysis of the texts from ESO, we searched for the presence or absence of elements that could be related to the mentioned alternative conceptions, comparing those published according to the previous law (LOE) and those that are governed by the current legislation (LOMCE). 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 analyzed books highlight the contrast between the values of densities of solid substances. The books for the new law are better in this aspect. They do not tackle alternative conceptions related to the fact 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, the "measure of the *volume* of a stone immersed in water", under the false premise that the students lack previous inadequate ideas about it. 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 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 books analyzed.

Finally, the teaching proposal is based on the directed research methodology and applied to students from the third year of ESO. It consists of a program of activities (23, of experimental type, in seven sessions), that follows a sequence based on the idea of palliating the difficulties that have been anticipated in previous studies. The methodology, in general, consists in starting with a problematic situation of interest from which the students give initial hypotheses. Then, they must think of some method that leads them to check these hypotheses, obtaining data and conclusions. The role of the teacher is to guide the learning process. The participants were the students (of two homogeneous groups) of the researcher. After the development and the analysis of the proposal, the results reveal, first, a significant improvement between pre-test and pos-test responses. This includes the assimilation that the *volume* of liquid displaced by a solid completely submerged in it depends on its *volume*, the use of *density* for the identification of substances, the differentiation between *density* and *viscosity* or the assimilation that the gaseous state has the

same properties as the other states. Likewise, we observe a progressive adaptation to the proposed teaching methodology and a greater autonomy in the development of experimental work. This development occurs mainly in those procedures related to the identification of the proposed problem, the formulation of predictions and hypotheses and the establishment of conclusions. However, we detect some intermittence in the measurement of magnitudes, collection of data and use of basic laboratory techniques, according to the sessions and activities, aspects in which we consider necessary to continue working. Finally, we also notice an improvement in the attitude towards the learning of science. However, there has been a need to expand the number of examples in which to apply knowledge, to ensure that some of the more deeply rooted alternative conceptions are overcome and that this is extended to a majority of students.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	19
0.1. Origen y justificación del estudio	21
0.2. Justificación de la temática de estudio	25
0.3. Orientación general del estudio	29
0.4. Estructura del estudio	30
CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y ANÁLISIS DEL MARCO TEÓRICO	33
1.1. Concepciones alternativas sobre la relación <i>volumen, masa y densidad</i>	35
1.1.1. Dificultades de aprendizaje debidas al estadio madurativo	37
1.1.2. El caso específico de la <i>flotación</i> de cuerpos	39
1.2. Características de los libros de texto	41
1.2.1. Carencias generales de los textos	43
1.2.2. <i>Volumen, masa y densidad</i> en los libros de texto secundaria	45
1.2.3. Cualidades de un buen libro de texto	47
1.3. Una propuesta de enseñanza alternativa	48
1.3.1. Características de la enseñanza tradicional	48
1.3.2. Alternativas al modelo tradicional de enseñanza: enseñanza por investigación dirigida	49
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	57
2.1. Objetivo general y preguntas de investigación	59
2.2. Hipótesis	61
2.3. Aspectos metodológicos para la contrastación de la hipótesis de trabajo	62
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA. ETAPA I	65
3.1. Los participantes y la elección de la muestra	67
3.2. Fases de la etapa y temporalización	68
3.2.1. Elaboración y validación de los instrumentos de recogida de información	69
3.2.2. Aplicación de los cuestionarios	73
3.2.3. Elaboración y validación del instrumento para el análisis de la información	74
3.2.4. Análisis de los resultados	78
CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA ETAPA I. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS	81
4.1. Cuestionario I: Conocimiento básico cotidiano	83
4.2. Cuestionario II: Conservación de <i>volumen, masa, y densidad</i>	87

4.3. Cuestionario III: Relación entre <i>densidad</i> y grado de compactación de la materia	91
4.4. Cuestionario IV: <i>Volumen</i> desalojado por un sólido sumergido en un líquido y <i>flotación</i>	95
4.5. Cuestionario V: Especificidad de la <i>densidad</i>	99
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA. ETAPA II	103
5.1. Muestra de textos analizada.....	105
5.2. Fases de la etapa y temporalización	106
5.2.1. Elaboración y validación de un protocolo de análisis de textos	106
5.2.2. Aplicación del protocolo de análisis en los textos.....	114
5.2.3. Análisis de los resultados.....	115
CAPÍTULO 6. RESULTADOS DE LA ETAPA II. ANÁLISIS DE TEXTOS	117
6.1. Relacionados con el Bloque I	119
6.2. Relacionados con el Bloque II	122
6.3. Relacionados con el Bloque III	124
6.4. Relacionados con el Bloque IV.....	126
6.5. Relacionados con el Bloque V.....	128
CAPÍTULO 7. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ETAPAS I Y II.....	133
CAPÍTULO 8. METODOLOGÍA. ETAPA III	141
8.1. Participantes	144
8.2. Fases de la etapa y temporalización.....	144
8.2.1. Elaboración y validación de la propuesta	145
8.2.2. Elaboración y validación de instrumentos de recogida de información... 160	
8.2.3. Aplicación del pretest-postest	167
8.2.4. Aplicación de la propuesta desarrollada	168
8.2.5. Descripción de los instrumentos para el análisis de la información	168
8.2.6. Análisis de resultados	173
CAPÍTULO 9. RESULTADOS DE LA ETAPA III. PROPUESTA DE ENSEÑANZA 179	
9.1. Resultados del pretest.....	181
9.2. Resultados del postest y comparación con el pretest.....	188
9.2.1. Eficacia general de la propuesta.....	189
9.2.2. Eficacia de la propuesta relativa a cada pregunta de investigación.....	193
9.3. Análisis pormenorizado y evaluación de las actividades	217
9.4. Resultados de la evolución de los contenidos procedimentales y actitudinales	227
9.5. Valoración de los estudiantes sobre la propuesta de enseñanza.....	231
9.5.1. Actitudes mostradas ante la actividad de iniciación	231
9.5.2. Cuestionario de valoración sobre la propuesta	233

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES	235
10.1. Introducción	237
10.2. Conclusiones de las Etapas I y II	238
10.2.1. Acerca de los conocimientos sobre <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i> , así como de las unidades más frecuentes	240
10.2.2. Acerca de las circunstancias en las que se conservan el <i>volumen</i> , la <i>masa</i> , o la <i>densidad</i>	241
10.2.3. Acerca de la relación entre <i>densidad</i> y grado de compactación de la materia.....	242
10.2.4. Acerca del <i>volumen</i> de fluido desalojado por un sólido en inmersión y de la <i>flotación</i>	244
10.2.5. Acerca de la <i>densidad</i> como propiedad específica de la materia	246
10.3. Conclusiones de la Etapa III.....	247
10.3.1. Relacionadas con la comprensión de los conceptos de <i>volumen</i> y <i>masa</i> , así como su cálculo en ejemplos de la vida cotidiana	249
10.3.2. Relacionadas con la dependencia del <i>volumen</i> desalojado por un sólido inmerso totalmente en un líquido	251
10.3.3. Relacionadas con las condiciones de conservación de la <i>masa</i> y del <i>volumen</i>	251
10.3.4. Relacionadas con la comprensión de la relación entre los conceptos <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i>	252
10.3.5. Relacionadas con el reconocimiento del concepto <i>densidad</i> y su utilización para identificar sustancias.....	253
10.3.6. Relacionadas con la utilización de la <i>densidad</i> para justificar el fenómeno de la <i>flotación</i>	253
10.3.8. Relacionadas con la diferenciación entre los conceptos <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i>	254
10.3.9. Relacionadas con la evolución de ciertos procedimientos y actitudes a lo largo de las sesiones.....	256
10.3.10. Respecto a la valoración de la propuesta de enseñanza por los estudiantes	257
10.4. Limitaciones del estudio	258
10.5. Aplicación e impacto de la investigación.....	260
10.6. Perspectivas de investigaciones futuras	261
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	263
ANEXOS	279
RELATIVOS A LA ETAPA I	281
Anexo I. Cuestionarios de concepciones alternativas	281
Anexo II. Ejemplo de formato de cuestionario de alumnos	286
Anexo III. Matrices de valoración para el análisis de las concepciones alternativas	287

RELATIVOS A LA ETAPA II	293
Anexo IV. Libros de texto analizados de segundo y tercero de ESO de Física y Química	293
Anexo V. Protocolo del análisis de los textos de Física y Química de tercero de ESO	294
RELATIVOS A LA ETAPA III	299
Anexo VI. Cuestionario de evaluación de la propuesta	299
Anexo VII. Registros de observación de procedimientos y actitudes	301
Anexo VIII. Cuestionario para la valoración de la propuesta por parte de los estudiantes	303
Anexo IX. Matriz de valoración para el análisis de las respuestas a los cuestionarios	304
Anexo X. Matriz de valoración para el análisis de las hojas de resultados	306
Anexo XI. Matriz de valoración para el análisis de la observación en clase	308
Anexo XII. Propuesta de enseñanza: sesiones, actividades y hojas de trabajo de los estudiantes.....	309
Anexo XIII. Hojas de resultados de estudiantes	318
Anexo XIV. Ejemplos de hojas de resultados de estudiantes	319

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 0.1. *Distribución de los contenidos de Física y Química según LOE y LOMCE*

Tabla 0.2. *Descripción por capítulos de la estructura del estudio*

Tabla 3.1. *Cuestionarios de diagnóstico de partida*

Tabla 3.2. *Modelo de matriz de valoración*

Tabla 4.1. *Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario I (N=21)*

Tabla 4.2. *Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario II (N=20)*

Tabla 4.3. *Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario III (N=21)*

Tabla 4.4. *Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario IV (N=24)*

Tabla 4.5. *Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario V (N=21)*

Tabla 5.1. *Relación entre ítems y cuestionario de alumnos*

Tabla 6.1. *Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque I*

Tabla 6.2. *Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque II*

Tabla 6.3. *Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque III*

Tabla 6.4. *Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque IV*

Tabla 7.1. *Síntesis de los conocimientos sobre volumen, masa y densidad, así como de las unidades más frecuentes en las que se expresan estas magnitudes*

Tabla 7.2. *Síntesis de las circunstancias en las que se conservan el volumen, la masa, o la densidad de distintos objetos*

Tabla 7.3. *Síntesis de la relación entre densidad y grado de compactación de la materia*

Tabla 7.4. *Síntesis del volumen de fluido desalojado por un sólido en inmersión y de la flotación*

Tabla 7.5. *Síntesis de la densidad como propiedad específica de la materia*

Tabla 8.1. *Contenidos procedimentales y actitudinales*

Tabla 8.2. *Preguntas de investigación y su relación con las actividades propuestas*

Tabla 8.3. *Relación entre contenidos, ítems del pre-postest y las actividades de la propuesta*

Tabla 8.4. *Matriz de valoración para las actividades experimentales*

Tabla 8.5. *Matriz de valoración para las actividades de lápiz y papel*

Tabla 8.6. *Criterios para clasificar el tamaño del efecto*

Tabla 8.7. *Técnicas estadísticas utilizadas en la Etapa III del estudio*

Tabla 9.1. *Resultados del pretest*

Tabla 9.2. *Resultados de las puntuaciones de los estudiantes en los dos cuestionarios*

Tabla 9.3. *Resultado para cada pregunta (ítem) del cuestionario*

Tabla 9.4. *Relación de actividades a analizar en detalle y el criterio de selección*

Tabla 9.5. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.1, Apartado a*

Tabla 9.6. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.1, Apartado b*

Tabla 9.7. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.1, Apartado c*

Tabla 9.8. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A3.2*

Tabla 9.9. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.3*

Tabla 9.10. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A3.3*

Tabla 9.11. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A4.3*

Tabla 9.12. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A2.4*

Tabla 9.13. *Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A3.5*

Tabla 9.14. *Resultados promedio para cada procedimiento por sesión*

Tabla 9.15. *Resultados promedio para cada actitud por sesión*

Tabla 9.16. *Cuestionario de valoración de los estudiantes sobre la propuesta*

Figuras

Figura 3.1. Dibujos representativos de los tres estados en los que se encuentra la materia

Figura 3.2. Organigrama que resume los pasos seguidos en las dos primeras fases de la primera etapa

Figura 3.3. Pasos en la elaboración de la matriz de valoración.

Figura 3.4. Estructura de la Etapa I

Figura 4.1. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización

del Cuestionario I

Figura 4.2. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 5 a las preguntas del Cuestionario I

Figura 4.3. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario II

Figura 4.4. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 12 a las preguntas del Cuestionario II

Figura 4.5. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario III

Figura 4.6. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 21 a las preguntas del Cuestionario III

Figura 4.7. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario IV

Figura 4.8. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 13 a las preguntas del Cuestionario IV

Figura 4.9. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario V

Figura 4.10. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 10 a las preguntas del Cuestionario V

Figura 5.1. Estructura de la Etapa II

Figura 8.1. Mapa de contenidos del *volumen* y la *masa* (propiedades generales)

Figura 8.2. Mapa de contenidos de la *densidad* (propiedad específica)

Figura 8.3. Estrategia didáctica seguida en la propuesta para cada actividad

Figura 8.4. Instrumentos de recogida de información utilizados en la propuesta de enseñanza

Figura 8.5. Estructura de la Etapa III

Figura 9.1. Resultados ofrecidos por el programa SPSS para el análisis de los resultados generales de la propuesta

Figura 9.2. Respuesta ofrecida por el Estudiante 10 en el Ítem 1 del postest

Figura 9.3. Respuestas ofrecidas por el Grupo 9 para la Actividad A1.1, Apartado c

Figura 9.4. Conclusiones del Grupo 9 para la Actividad A1.1, Apartado c

Figura 9.5. Respuesta ofrecida por el Estudiante 38 en el Ítem 2 del postest

Figura 9.6. Respuestas ofrecidas por el Grupo 5 para la Actividad A1.2

Figura 9.7. Conclusiones del Grupo 5 para la Actividad A1.2

Figura 9.8. Respuesta ofrecida por el Estudiante 1 en el Ítem 3 del pretest y del postest

Figura 9.9. Respuestas ofrecidas por el Grupo 3 para la Actividad A2.3

Figura 9.10. Conclusiones del Grupo 3 para la Actividad A2.3

Figura 9.11. Respuesta ofrecida por el Estudiante 4 en el Ítem 4 del pretest y del

postest

Figura 9.12. Respuestas ofrecidas por el Grupo 12 para la Actividad A2.2

Figura 9.13. Conclusiones del Grupo 12 para la Actividad A2.2

Figura 9.14. Respuesta ofrecida por el Estudiante 3 en el Ítem 5 del postest

Figura 9.15. Respuestas ofrecidas por el Grupo 13 para la Actividad A1.4

Figura 9.16. Conclusiones del Grupo 13 para la Actividad A1.4

Figura 9.17. Respuesta ofrecida por el Estudiante 36 en el Ítem 6 del postest

Figura 9.18. Respuestas ofrecidas por el Grupo 4 para la Actividad A2.4

Figura 9.19. Conclusiones del Grupo 4 para la Actividad A2.4

Figura 9.20. Respuesta ofrecida por el Estudiante 28 en el Ítem 7 del postest

Figura 9.21. Respuestas ofrecidas por el Grupo 8 para la Actividad A3.4

Figura 9.22. Conclusiones del Grupo 8 para la Actividad A3.4

Figura 9.23. Respuesta ofrecida por el Estudiante 17 a la Pregunta 8 en el postest

Figura 9.24. Respuestas ofrecidas por el Grupo 13 para la Actividad A2.5

Figura 9.25. Conclusiones del Grupo 13 para la Actividad A2.5

Figura 9.26. Respuesta ofrecida por el Estudiante 35 a la Pregunta 9 en el postest

Figura 9.27. Respuestas ofrecidas por el Grupo 3 para la Actividad A1.5

Figura 9.28. Conclusiones del Grupo 3 para la Actividad A1.5

Figura 9.29. Respuesta ofrecida por el Estudiante 37 en el Ítem 10 del postest

Figura 9.30. Respuestas ofrecidas por el Grupo 10 para la Actividad A2.6

Figura 9.31. Conclusiones del Grupo 10 para la Actividad A2.6

Figura 9.32. Respuesta ofrecida por el Estudiante 8 en el Ítem 11 del postest

Figura 9.33. Respuesta ofrecida por el Estudiante 6 para la Actividad A4.6

Figura 9.34. Respuesta ofrecida por el Estudiante 6 en el Ítem 12 del postest

Figura 9.35. Respuesta ofrecida por el Grupo 7 para la Actividad A1.7

Figura 9.36. Conclusiones del Grupo 7 para la Actividad A1.7

Figura 9.37. Nivel de conocimiento promedio alcanzado para cada pregunta

Figura 9.38. Evolución del nivel de adquisición de los procedimientos por sesión

Figura 9.39. Evolución del nivel de adquisición de las actitudes por sesión

Figura 9.40. Escenas de cada uno de los fragmentos proyectados

INTRODUCCIÓN

0. INTRODUCCIÓN

0.1. Origen y justificación del estudio

La experiencia docente en educación secundaria, durante más de 10 años, me provocaron inquietudes relacionadas con las dificultades de aprendizaje por parte de los estudiantes de secundaria de contenidos concernientes con propiedades elementales de la materia (*volumen, masa y densidad*; entre otras). Las dificultades en la asimilación de estos contenidos, básicos en ciencias, les pueden llevar a cometer errores conceptuales más allá de la etapa de bachillerato, además de producir en el alumnado desmotivación y falta de interés por las ciencias en general.

Estos problemas no son solo una percepción subjetiva, sino que se reflejan también en documentos oficiales a nivel nacional, como el *Informe ENCIENDE* (2011), y europeos, como la *Red Eurydice* (2012).

Haciendo un diagnóstico profundo de esta situación, el Informe ENCIENDE (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para Edades Tempranas en España), elaborado por la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), “recoge propuestas y recomendaciones planteadas desde tres ámbitos de análisis sobre la enseñanza de las ciencias en edades tempranas: el ámbito educativo, el ámbito social y el ámbito científico, y las integra en cinco propuestas transversales” (COSCE, 2011, p. 17). Entre estas propuestas transversales destaca la primera, por su necesidad de ejemplificar los conceptos aprendidos por el alumnado a situaciones distintas:

Señalar la necesidad de apoyar y potenciar una renovación de la enseñanza de las ciencias, no solo de los contenidos o metodologías de aula, sino también del enfoque de la evaluación interna y externa, que ponga el acento en la aplicación de los contenidos en contextos diversos y relevantes. (COSCE, 2011, p. 17)

Por otro lado, la Red Eurydice, que informa y analiza los sistemas educativos europeos dirigida desde la Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y

Cultural, señala la importancia que el término *competencias clave* está teniendo en los centros escolares europeos últimamente, definiéndolas como “las capacidades y actitudes esenciales para que los jóvenes europeos triunfen, no solo en la economía actual y en la sociedad moderna, sino también en su vida personal” (Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural, 2012, p. 1). Entre estas competencias clave destaca “la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología” (p. 1). Señala este informe que sigue siendo un problema en Europa el bajo rendimiento que presentan en ciencias los estudiantes, provocando ciertas dudas en la eficacia de los sistemas educativos en general y de la enseñanza en particular; y, por tanto, se considera urgente tomar medidas que aumenten la motivación del alumnado en estas materias.

Estos resultados se hacen explícitos en los últimos informes *PISA* (2012 y 2015). El programa *PISA* (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos). Este programa evalúa las competencias de estudiantes de 15 años de edad (edad de los alumnos de la muestra a investigar) cada 3 años y sus capacidades para aprender. Más que medir conocimientos adquiridos, evalúa cómo los aplican los estudiantes en situaciones de la vida real:

Los ejercicios están centrados en situaciones relacionadas con el yo, la familia y los grupos de compañeros (personal), la comunidad (social) y la vida a escala mundial (global) en las áreas de aplicación: salud, recursos naturales, medio ambiente, riesgos y fronteras de la ciencia y la tecnología. (Franco-Mariscal, Blanco-López y España-Ramos, 2017, p. 41)

En cuanto a la adquisición de la competencia científica, “ser competente en el área de las ciencias implica, no solo tener cierta información científica y la habilidad para manejarla, sino comprender también la naturaleza del conocimiento científico y de los poderes y las limitaciones que dicho conocimiento tiene” (OCDE, s.f., p. 16).

De los resultados del Informe *PISA* 2015 se desprende que:

Cerca del 20% de los estudiantes de los países de la OCDE rinde por debajo del Nivel 2, considerado el umbral básico de competencias científicas. En el Nivel 2, los estudiantes pueden recurrir a contenidos y procedimientos científicos básicos que conocen para identificar una explicación apropiada, interpretar datos y reconocer la cuestión que trata un experimento simple. Todos los estudiantes deberían alcanzar el Nivel 2 de competencias al concluir la educación obligatoria. (OCDE, 2016, p. 4)

En los resultados correspondientes a este Informe, España obtuvo 496 puntos en el año 2012, cinco puntos por debajo de la media de los países de la OCDE, situándose Andalucía 15 puntos por debajo. En el último informe, 2015, España se sitúa en la media de la OCDE, con 493 puntos, aunque disminuye en tres puntos su resultado anterior; mientras que Andalucía se sitúa 20 puntos por debajo de este valor. La puntuación conseguida en ambos años para el caso de España corresponde a un Nivel 3 de rendimiento en ciencias, de los 6 niveles propuestos en el Informe, según el cual los alumnos pueden:

Identificar claramente los problemas científicos descritos en diversos contextos. Pueden seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos sencillos o estrategias de investigación. Los estudiantes en este nivel interpretan y utilizan conceptos de distintas disciplinas y los aplican directamente. Desarrollan breves comunicados refiriendo hechos y toman decisiones basadas en el conocimiento científico. (OCDE, s.f., p. 25)

Sin embargo, para la puntuación conseguida por Andalucía en ambos años corresponde a un Nivel 2 de competencia científica, lo cual indica que:

Los estudiantes tienen un conocimiento científico adecuado para ofrecer explicaciones posibles en contextos que conocen o sacar conclusiones basadas en investigaciones sencillas. Son capaces de razonar directamente e interpretar literalmente los resultados de una investigación científica o la resolución de un problema tecnológico. (OCDE, s.f., p. 25)

Según este informe, este nivel alcanzado por nuestro alumnado, no en todos los casos le permite alcanzar plenamente la competencia científica, es decir, no es capaz de explicar los fenómenos que le rodea utilizando un lenguaje científico.

A la preocupante situación científica de los estudiantes no ayuda la forma en la que se presentan los contenidos de los libros de texto utilizados por el profesorado. Estos libros presentan demasiada información con poca claridad en los conceptos que aparecen, provocando en el alumnado el uso mecánico, inadecuado, a veces, de fórmulas matemáticas aprendidas de memoria y sin significado. Por otro lado, estos conceptos son abordados de forma aislada y desconectada en cada una de las distintas materias, generando en los estudiantes una diferenciación del concepto dependiendo de la disciplina en la que aparece (Aguilar, 2011).

Además, numerosos autores (Cañal y Criado, 2002; Cid y Dasilva, 2012; Pro, Sánchez y Valcárcel, 2008) hacen referencia a este bajo nivel de incidencia que los trabajos de investigación didáctica innovadores tienen sobre el contenido de estos libros. Por otra parte, es frecuente la presencia de contenidos erróneos o inadecuados en los textos (Campanario, 2003; Carrascosa, 2006; Furió-Gómez, Solbes y Furió-Más, 2006; Martín, Prieto y Jiménez, 2013).

Con respecto al profesorado, estos libros aportan seguridad al tratarse de un material de inmediata disponibilidad y rápido acceso. Sin embargo, son numerosas las ocasiones en las que nos vemos restringidos por él, debido a decisiones tomadas en los propios departamentos de los centros de enseñanza, que obligan al profesorado el uso de un libro concreto (Perales y Vílchez, 2012).

En cuanto a los planes de estudio, adolecen de similares deficiencias a las de los libros, en el sentido de que intentan tratar un gran número de contenidos sin atender a las relaciones entre los distintos conceptos en ciencias (Botero, 2010).

En este sentido, cabe mencionar que, durante el transcurso de esta investigación, vivimos el tránsito hacia una nueva ley educativa: LOE a LOMCE. El currículo de la primera de ellas estaba desarrollado por el Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre; en el que los contenidos que nos ocupan en este trabajo estaban ubicados en tercer curso de ESO. Por otro lado, el currículo de la LOMCE,

desarrollado por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre; sitúa contenidos conjuntos a repartir entre 2º y 3º curso de ESO (Tabla 0.1). En este último caso, hemos de comentar a favor de la nueva ley que, si bien se incluyen dos bloques de contenidos nuevos (*El movimiento y las fuerzas* y *Energía*), podemos repartirlos en dos cursos, lo cual facilitará su tratamiento.

Tabla 0.1

Distribución de los contenidos de Física y Química según LOE y LOMCE

LOE Física y Química, 3º ESO	LOMCE Física y Química, 2º y 3º ESO
Bloque 1. Contenidos comunes	Bloque 1. La actividad científica
Bloque 2. Diversidad y unidad de estructura de la materia	Bloque 2. La materia
Bloque 3. Estructura interna de las sustancias	Bloque 3. Los cambios
Bloque 4. Cambios químicos y sus repercusiones	Bloque 4. El movimiento y las fuerzas
	Bloque 5. Energía

En relación al progreso de nuestro trabajo, el tránsito antes mencionado influirá en la realización de un doble análisis relativo a la forma en la que los contenidos se presentan en los textos, condicionados por este cambio. Adelantamos que, las editoriales trasladan los contenidos concernientes a nuestro trabajo de tercer curso a segundo, lo cual llevará estudiar textos de ambos niveles.

0.2. Justificación de la temática de estudio

Como se comentó con anterioridad, durante el trabajo diario en el aula, resultan sorprendentes los errores conceptuales cometidos y las dificultades de aprendizaje encontradas en el alumnado de ciencias. Estas dificultades se presentan en los diferentes niveles de la ESO y se extiende, en ocasiones, hasta la etapa de bachillerato e incluso a nivel universitario.

Nuestra experiencia docente con este tipo de estudiantes nos demuestra que, alumnado brillante en exámenes y evaluaciones, no utiliza las herramientas que les proporciona la Física y Química a la hora de interpretar fenómenos que aparecen con frecuencia en la vida diaria.

Resultan, en particular, llamativas las explicaciones de estudiantes de aquellos fenómenos relacionados con las propiedades elementales de la materia (en concreto *volumen*, *masa* y *densidad*). Álvarez y Bernal (2000) proponen en su trabajo un ejemplo en este sentido, para el caso del estudio de la *densidad*. Se les planteó, a estudiantes de 16 años de edad, la situación de un submarino que se hundía al ser alcanzado por el impacto de unos proyectiles, y se les pidió que justificaran el fenómeno. Algunos estudiantes señalaban que “se hundía al aumentar su *peso* por la entrada de agua”, sustituyendo en el razonamiento la palabra *densidad* por *peso*. No son conscientes de que, por sí solo el *peso* de un objeto no determina su hundimiento, sino que es necesario tener en cuenta el *volumen* en el que está distribuido ese *peso*.

En general, observamos que son pocos los estudiantes de secundaria que acuden a la *densidad* para dar explicación cualitativa a estos fenómenos. La mayoría de las veces los alumnos acuden al *peso* para justificar esta fenomenología e incluso, los más aventajados, cambian la palabra *peso* por *masa*. Proceden tal como se supone que harían niños de cuatro o cinco años menores, que no hubieran alcanzado un pensamiento formal.

Además de esta, existen otras muchas situaciones en las que se hace necesario recurrir a las propiedades elementales de la materia para explicar, de forma adecuada, el fenómeno que se presenta en cada caso:

- Influencia de los cambios de forma de objetos en la *masa* y en el *volumen* de estos.
- Influencia de los cambios de estado de la materia en la *masa*, *volumen* y *densidad* de objetos.
- Conocimiento, aproximado, de *masa* y *volumen* de objetos cotidianos.
- Grado de asociación entre *peso* y *volumen* de sustancias.
- Relación entre *densidad* y *grado de compactación* de la materia.
- Correspondencia entre *densidad* y una de las magnitudes que la define, manteniendo constante la otra.
- Conocimiento de densidades de sustancias cotidianas (sólidos, líquidos y gases).
- Caracterización de sustancias mediante la *densidad*.

- Dependencia del *volumen desplazado* por un sólido al sumergirlo en un líquido.
- Justificación de la *flotación* de los cuerpos y su aplicación a objetos de *densidad* media variable (caso del submarino o vejiga natatoria de los peces).
- Diferenciación entre propiedades específicas y generales de la materia.
- Conocimiento de la ecuación para el cálculo de la *densidad*, así como de sus unidades de medida.
- Explicación de situaciones relacionadas con gases (variación de la *densidad* de los gases con la temperatura).
- Diferencia entre *densidad* y *viscosidad*.
- Importancia de la *densidad* en la preparación de disoluciones.

La importancia de conocer las implicaciones del cociente *masa/volumen* radica en que da lugar a una magnitud física (*densidad*) que, en muchas ocasiones, caracteriza a la sustancia o al material y, en el caso de sustancias puras, a menudo sirve para identificar de qué sustancia se trata. Este concepto fue introducido en la ciencia, de forma implícita, por Arquímedes, llegando a la conclusión de que dos cuerpos con misma *masa* y formados por el mismo tipo de sustancia debían desplazar un *volumen* de agua idéntico. Así, la *densidad* debía ser característica de las sustancias (Martínez-Pons, 2012).

La inquietud por mejorar y conseguir salvar los obstáculos de los estudiantes relativos a los aspectos mencionados, que se supone deberían estar ampliamente consolidados cuando finalizan tercer curso de ESO, me llevó a la elección de esta temática para la realización de la Tesis Doctoral. El conocimiento de las concepciones alternativas y las dificultades sobre la temática, es el primer paso para el planteamiento de un cambio en los contenidos, la estrategia, y en general, la metodología utilizada para la enseñanza de los mismos.

En la bibliografía, existen numerosos estudios relacionados con nuestra temática de trabajo, sobre concepciones alternativas en estudiantes de educación secundaria (Álvarez y Bernal, 2000; Corona, Slisko y Meléndez, 2007; Emerick, 1983; Hawkes, 2004; Hsin y Wu, 2011; Joung, 2009; etc) y sobre las dificultades de comprensión del

volumen, la *masa* y la *densidad* (Baker y Woodward, 2001; Bullejos y Sampedro, 1990; Dawkins, Dickerson, McKinney y Buther, 2008; Dawson, 1981; Doménech, 1992; Smith, Maclin, Grosslight y Davis, 1997; etc). También podemos encontrar trabajos, como comentamos con anterioridad, que analizan el tratamiento que hacen de estos conceptos los libros de texto (Aguilar, 2011; Mazzitelli, Maturano, Núñez, Pereira y Macías, 2005; Slisko, 2005; etc). Incluso, hay numerosas investigaciones que consideran la forma en la que los profesores usan estos libros (Cachapuz, Malaquias, Martins, Thomaz y Vasconcelos, 1989; Digisi y Willett, 1995; Gottfried y Kyle, 1992; etc).

Sin embargo, no hemos encontrado estudios que averigüen, de forma exhaustiva, si los textos, por omisión, contribuyen a que las ideas inadecuadas vinculadas a la *masa*, *volumen* y *densidad* se perpetúen. En este sentido, con este trabajo pretendemos contribuir a las aportaciones que nos ofrece la bibliografía de la manera en la que sigue:

- Desarrollando nuestro propio estudio de concepciones alternativas, basado en los existentes en la literatura, pero actualizado y mejorado.
- Averiguando, de forma exhaustiva, si los textos, por omisión, pueden contribuir a que las ideas inadecuadas vinculadas 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), a partir de un protocolo de análisis de textos.

Asimismo, no se ha investigado la evaluación de una propuesta global y unificadora que realice un barrido transversal del uso de estos contenidos que abarquen los conceptos, procedimientos y actitudes en diferentes ámbitos del curriculum fisicoquímico y en los tres estados de la materia, como se mencionó anteriormente. De ahí que consideramos que puede resultar una contribución novedosa a la investigación en la Didáctica de las Ciencias, embarcarnos en realizar una propuesta que pretenda paliar estas deficiencias, implementarla y ver sus puntos fuertes y debilidades.

0.3. Orientación general del estudio

Por todo lo comentado anteriormente, la problemática que se pretende abordar está relacionada con el aprendizaje de las propiedades elementales de la materia: *volumen, masa y densidad*, teniendo en cuenta los estudios presentes en la bibliografía hasta el momento. Así, se ha pretendido abordar el siguiente **problema general**:

¿Cómo mejorar la enseñanza de los conceptos de *volumen, masa y densidad* en el tercer curso de la ESO?

La idea de plasmarlo en una propuesta de enseñanza que salvase las dificultades existentes, nos llevó a identificar previamente dichos obstáculos, centrándonos en los provenientes de las ideas previas de los alumnos y en los derivados de posibles deficiencias en los libros de texto.

De ahí que nos hayamos planteado las siguientes preguntas amplias para esta investigación:

1. ¿Cuáles son las concepciones alternativas que tienen los estudiantes de tercero de ESO respecto al *volumen*, la *masa* y la *densidad*?
2. ¿Qué tratamiento hacen los libros de texto de segundo (LOMCE) y tercero (LOE) respecto a los conceptos de *volumen, masa y densidad*?
3. ¿Qué aprenden los estudiantes de tercero de ESO después de participar en una secuencia de enseñanza, con unas actividades diseñadas teniendo en cuenta las deficiencias detectadas?

De estas preguntas surgen las preguntas específicas de investigación que se listan en el Capítulo 2, y se hace referencia a ellas en cada una de las etapas de la que consta este trabajo.

De ahí que la investigación pretenda abordar los siguientes **objetivos**:

- Revisar la literatura de investigaciones sobre las concepciones y completar estos estudios con una investigación propia.
- Analizar los libros de texto.

- Diseñar y experimentar una propuesta de enseñanza y analizar su implementación.

0.4. Estructura del estudio

Presentados los interrogantes planteados en este estudio, describimos brevemente las tres etapas fundamentales en las que se estructura el diseño de la investigación, avanzando algunas de sus características:

- *Etapa I: Análisis de las concepciones alternativas que presenta el alumnado que finaliza tercer curso de ESO.* En esta primera etapa se contrastan las concepciones alternativas presentes en la bibliografía en 24 estudiantes (Muestra 1), realizando un amplio barrido de aquellos aspectos relacionados con el *volumen*, la *masa* y la *densidad*. El instrumento de investigación consta de cinco cuestionarios validados y divididos por bloques, atendiendo a cada aspecto investigado. La singularidad de este instrumento no solamente radica en los extensos aspectos que analiza relativos a estas propiedades de la materia sino que, además, en este diagnóstico los estudiantes se enfrentan a una tarea gráfica. Aunque, basada en la literatura precedente, la forma en la que se presenta a los estudiantes las tareas a realizar es diferente a la de estudios anteriores, habiéndose mejorado el instrumento de diagnóstico utilizando imágenes diseñadas *ad hoc* para ayudar al alumnado a la resolución de las cuestiones.

- *Etapa II: Análisis de libros de texto.* En esta etapa, por un lado, se han revisado 12 libros de texto españoles correspondientes a tercer curso de ESO en la enseñanza de Física y Química (LOE). Además, se analizaron también libros de segundo curso de ESO de Física y Química (LOMCE) de las cinco editoriales que optaron por proporcionarlos. La ampliación de los textos estudiados inicialmente se debió a que, acabado el análisis inicial, vivimos la transición, ya mencionada, hacia una nueva ley educativa, en la cual, los contenidos que tratamos se pasaron de tercero a

segundo curso. Para averiguar si además del cambio de curso, las editoriales habían hecho, otras modificaciones, creímos conveniente ampliar el estudio. No obstante nos topamos con el problema de que dado el extenso periodo de provisionalidad gubernamental, y la contestación de nuestra comunidad autónoma a la ley, muchas editoriales no habían adaptado todavía sus libros.

El protocolo de análisis utilizado está formado por una serie de ítems clasificados en cinco bloques de contenidos, vinculados a los tratados en la Etapa I.

- *Etapa III: Elaboración, aplicación y evaluación de una propuesta de enseñanza.* Analizadas las concepciones alternativas habituales de los estudiantes (Capítulos 3 y 4, Etapa I), la forma en la que se exponen los contenidos que nos ocupan en los libros de texto (Capítulos 5 y 6, Etapa II) y sintetizados los resultados de ambos estudios (Capítulo 7), se procede al desarrollo de una propuesta de enseñanza. La estructura de esta propuesta así como los instrumentos de evaluación de la misma y los resultados obtenidos aparecen en los Capítulos 8 y 9 (Etapa III). La propuesta de enseñanza consiste en una secuencia de actividades con el objetivo de subsanar las dificultades encontradas. El instrumento para el análisis de la mejora de los conocimientos generales de los estudiantes es un cuestionario que se aplica antes y al final de la puesta en práctica de la propuesta (pretest-postest). Además, con este fin, también se analizan las actividades implementadas. Los contenidos procedimentales y actitudinales se analizan, de forma específica, mediante instrumentos diseñados para tal fin, como se explicará con detalle en próximos capítulos. La muestra, en este caso (Muestra 2), está formada por 49 estudiantes de tercer curso de ESO con el mismo perfil que los participantes en la Etapa I.

Toda esta estructura se ha esquematizado por capítulos en la Tabla 0.2

Tabla 0.2

Descripción por capítulos de la estructura del estudio

Introducción	
Capítulo 1	Revisión de la literatura y análisis del marco teórico desde tres puntos de vista: - Concepciones alternativas y dificultades de los estudiantes respecto a <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i> . - Carencias y cualidades generales de los textos, así como aquellos aspectos conocidos relativos al <i>volumen</i> , la <i>masa</i> y la <i>densidad</i> . - Características de la enseñanza tradicional de estos conceptos y cuáles son los modelos alternativos.
Capítulo 2	Descripción del objetivo general del estudio, así como de las preguntas amplias y específicas planteadas, y de la hipótesis de trabajo. Características del diseño de la investigación.
Capítulo 3	Metodología seguida en la Etapa I (estudio de las concepciones alternativas): participantes (Muestra 1), fases de la etapa, instrumentos de recogida y análisis de información.
Capítulo 4	Análisis de los resultados de la Etapa I.
Capítulo 5	Metodología seguida en la Etapa II (análisis de libros de texto): descripción de la muestra, fases de la etapa y protocolo de análisis de textos.
Capítulo 6	Análisis de los resultados de la Etapa II.
Capítulo 7	Síntesis de los resultados de las etapas I y II.
Capítulo 8	Metodología seguida en la Etapa III (propuesta de enseñanza): participantes (Muestra 2), fases de la etapa, instrumentos de recogida y análisis de información.
Capítulo 9	Análisis de los resultados de la Etapa III.
Capítulo 10	Conclusiones. Limitaciones y perspectivas futuras.

**CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y ANÁLISIS
DEL MARCO TEÓRICO**

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y ANÁLISIS DEL MARCO TEÓRICO

En este capítulo llevaremos a cabo una revisión bibliográfica centrada en las propiedades de la materia que nos ocupan (*volumen*, *masa* y *densidad*) estructurada en tres aspectos fundamentales:

- Concepciones alternativas que presentan los estudiantes de tercer curso de ESO respecto al *volumen*, la *masa* y la *densidad*, así como de las posibles dificultades debidas a su estadio madurativo.
- Carencias principales que muestran los textos de ESO, de forma general, y para el caso las propiedades mencionadas, de forma específica.
- Problemas de la enseñanza tradicional y alternativas posibles a este modelo para conseguir una correcta asimilación de los conceptos estudiados.

1.1. Concepciones alternativas sobre la relación *volumen*, *masa* y *densidad*

Ya se comentó que, uno de los problemas que nos encontramos en las aulas a la hora de enseñar ciencias, es la existencia en el alumnado de concepciones alternativas a los conceptos científicos, que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción científica (Bello, 2004). El origen de estas ideas, según Giordan y Vecchi (1995) (citados en Martín y De-Juanas, 2013) corresponde con:

Una activación de lo que construyeron como resultado de sus experiencias para explicar, predecir, o actuar ante una demanda específica. Durante esta activación, los alumnos construyen una red de análisis de la realidad que les permite comprender el mundo circundante, hacer frente a nuevos problemas e interpretar las nuevas situaciones. (p. 271)

Por otro lado, uno de los motivos de la persistencia en el tiempo de estas ideas es que suelen venir estructuradas en forma de esquemas conceptuales para el alumno y no aisladas, presentando una gran organización entre sí. Un ejemplo de esto,

relacionado con el presente trabajo, podría ser la creencia que los gases no pesan (Furió, Solbes y Carrascosa, 2006).

Además, muchas de estas ideas intuitivas tienen un cierto parecido con otras que se dieron históricamente. Este paralelismo no es fruto de la casualidad, sino que se debe a restricciones en el funcionamiento cognitivo humano. En definitiva, se considera necesario conocer cuáles son los esquemas conceptuales de los estudiantes para poder diseñar estrategias que los modifiquen (Carrascosa, 2005). Estos desarrollan un conocimiento más profundo de los conceptos científicos cuando se tienen en cuenta sus concepciones alternativas (Barrow, 2006).

Respecto a los conceptos que nos ocupan, estudios anteriores ya señalaban las concepciones alternativas de estudiantes de edades similares a los que participan en nuestra investigación. Bullejos y Sampedro (1990) destacan en su artículo la confusión del alumnado respecto a las nociones de masa (peso) y volumen, lo cual implica también la indiferenciación de estas magnitudes con la densidad. De hecho, consideran como sinónimos estos conceptos (Loverude, Kautz y Heron, 2003; Stavoy 1990; citados en García-Carmona, 2009).

Maclin et al. (1997) señalan en su trabajo que aquel alumnado que ha asimilado la idea de que todos los objetos materiales tienen *peso*, sea cual sea su tamaño o ligereza, llegan a entender mejor la diferencia mencionada entre esta magnitud y la *densidad*.

La importancia que tiene el estudio de estas propiedades elementales de la materia, desde un punto de vista académico, radica entre otras cosas en la necesidad de su uso para explicar la flotabilidad relativa de los líquidos, *el principio de Arquímedes*, y muchas otras cuestiones de nivel cualitativo y cuantitativo. Pero, a pesar de que estos conceptos se consideran básicos, nuestra experiencia didáctica con alumnado adolescente nos indica que tienen dificultades en su aplicación. Sobre todo, la *densidad* la usan 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).

Según Dole, Hilton, Hilton y Goos (2013), para la comprensión de esta magnitud intensiva se requiere de la experimentación de las dos variables extensivas de las que depende (*masa* y *volumen*) y, este hecho, en la mayoría de los casos no se produce. Igualmente, es necesario insistir en el carácter intensivo de la *densidad*

para su correcta comprensión (Yeend, Loverude y Gonzalez, 2001), algo que se sobreentiende como asimilado por los estudiantes cuando, realmente, no lo está. Por otra parte, 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.

Por otro lado, en las transformaciones de sustancias, como ocurre en los cambios de estado, los estudiantes suelen fijarse más en el estado final tras la transformación que en el inicial. De esta forma, difícilmente podrán inferir cuáles son las propiedades de la sustancia que se ha conservado en la transformación (Pozo, Sanz, Gómez y Limón, 1991).

Además de estas dificultades pueden existir otras, que también trataremos en nuestra investigación, entre las que se encuentran (Raviolo, Moscato y Schnersch, 2005):

- Suelen asociar cambios de forma con cambios de *volumen*.
- No diferencian la *densidad* de las propiedades extensivas, que sí dependen de la cantidad de sustancia del cuerpo o material.
- 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*.

1.1.1. Dificultades de aprendizaje debidas al estadio madurativo

Además de conocer cuáles son las concepciones alternativas que presenta el alumnado de tercero de ESO respecto a nuestra temática de estudio, es necesario conocer cuáles son sus capacidades cognoscitivas y, de esta forma, justificar si nuestros estudiantes están en condiciones de enfrentarse a la enseñanza de los conceptos que les proponemos.

Estudios previos de investigación indican que, solo un porcentaje pequeño de estudiantes logran alcanzar el *pensamiento formal* en la edad esperada y, menos aún, en todos los tópicos. Según la teoría piagetiana, los estudiantes con edades

comprendidas entre los 7 y los 10 años poseen lo que se conoce como *pensamiento concreto* (se centran básicamente en la observación) y los de edades que superen los 11 años tienen capacidad para comprobar hipótesis (*pensamiento formal*), aplicando incluso el método científico. Aunque, se comprueba experimentalmente en las aulas, que la realidad es bastante distinta a los supuestos teóricos. Precisamente, uno de los principales problemas que se encuentra en el alumnado es la explicación del concepto de *flotación* de los cuerpos, que necesita del *pensamiento formal* (Corona et al., 2007), siempre que se pretenda explicar mediante una comparación de densidades. Esto es debido a que se trata de una magnitud, no directamente perceptible, como sí lo son el *peso* o el *volumen*, está definida en función de otras dos y además la relación entre estas no es multiplicativa (como los lados de un rectángulo y su área), sino que se trata de un cociente (Dawkins et al., 2008).

En efecto, Shayer y Adey (1986) señalan que, para que el estudiante llegue a comprender la relación entre variables en las que intervienen razones ($d=m/V$), estos deben lograr alcanzar el *pensamiento formal inicial*. Este pensamiento capacita, de forma general, al alumnado a comprender la relación sencilla entre variables, como es el caso del producto o cociente de dos variables. Si hablamos de comparar densidades, la operación consiste en comparar razones, lo cual no es nada sencillo, ni siquiera para un adolescente. Para nuestro caso particular, el *pensamiento formal inicial* les permite:

- Comprender el concepto de *volumen* y asociar el *volumen* desplazado por un cuerpo inmerso en un líquido con el *volumen* del cuerpo, no con el *peso* de este.
- Utilizar la relación m/V para justificar los fenómenos relacionados con la *flotación* de los cuerpos.

De otra manera, para llegar a utilizar la relación de densidades entre el sólido y el líquido donde se encuentra inmerso necesitaría de un *pensamiento formal avanzado*.

Hoy día hay muchas evidencias de la dependencia del contenido específico sobre el que razonar, a la hora de que un sujeto muestre una actuación formal. Por ejemplo, Carretero y León (citado en Nortes y Martínez, 1994) expresan su desacuerdo con el carácter universal del *pensamiento formal* que indica Piaget.

Argumentan que no todas las cuestiones planteadas a los estudiantes presentan la misma dificultad, resaltando que el contenido de cada tarea concreta es una variable adicional. Por último, no todos los estudiantes alcanzan a la misma edad este pensamiento, sino únicamente la mitad de estos. Estos autores señalan la enseñanza recibida por cada estudiante como otra variable a tener en cuenta. Esto apoya nuestra expectativa de que un diseño adecuado de la enseñanza puede hacer mucho, también en el desarrollo de la inteligencia del alumnado.

En este sentido, existen trabajos (Emerick, 1983) que señalan que, para el caso específico de la *densidad*, su asimilación por parte del alumnado es la culminación de un largo proceso de construcción de las intuiciones, percepciones y operaciones, posiblemente comenzando en la infancia. Esta construcción se realizará paralelamente a la adquisición del *pensamiento formal*.

Por tanto, aunque si bien es cierto que no todos los estudiantes presentarán las mismas dificultades en el aprendizaje de estas propiedades de la materia, la enseñanza de estos conceptos en alumnado de tercero de ESO es perfectamente viable, justificando su estudio en este nivel.

1.1.2. El caso específico de la *flotación* de cuerpos

Uno de los fenómenos en los que las concepciones alternativas se presentan con más frecuencia, como ya hemos comentado, y según nuestra experiencia docente, es el caso de la *flotación* de cuerpos. Como se señala en la bibliografía, los estudiantes con edades comprendidas entre los 15 y 17 años (intervalo de edad en el cual se encuentra nuestra muestra de estudio) recurren en pocas ocasiones, espontáneamente, a la *densidad* para justificar fenómenos como la *flotación* y, muchas, las que utilizan el *peso* o la *masa* de estos (Havu-Nuutinen, 2005).

En un principio, podría ser fácil la comprensión de la *flotación*, debido a que los fenómenos relativos a la flotabilidad de los cuerpos son algo cotidiano, inmersos en la experiencia conocida. Sin embargo, ofrecer una explicación adecuada, desde el punto de vista físico, puede resultar complejo para la mayoría de los estudiantes (Joung, 2009).

Esta dificultad se describe en la bibliografía a través del término *esquema explicativo*, refiriéndose a todas aquellas ideas que utilizan los estudiantes para justificar un fenómeno determinado. Podemos diferenciar, además, entre *esquema explicativo monocausal* (un efecto solo tiene una causa) y *esquema explicativo multicausal* (la explicación de un efecto conlleva el uso de dos o más causas). La *flotación* se justifica con las fuerzas *peso* y *empuje*, o bien con la razón de densidades entre el cuerpo que flota y el líquido en el cual este está inmerso (Hsin y Wu, 2011). Lo cual indica que el esquema explicativo utilizado para la explicación de este fenómeno es *multicausal*. Sin embargo, los estudiantes utilizan *esquemas monocausales*, la mayoría de ellos relacionados con el *peso* del objeto y en menor proporción con la longitud del cuerpo, su forma o la presencia de espacios llenos de aire dentro del mismo (Madrigal y Slisko, 2010).

Asimismo, según Couso (2014) cuando un estudiante justifica la *flotación* en términos de *densidad*, estaría respondiendo a la pregunta ¿por qué flota? (descripción del fenómeno), pero no a la pregunta ¿por qué flota si su *densidad* es menor? (interpretación del fenómeno). Por tanto, una explicación de este fenómeno en función de la *densidad* no conduciría a una explicación causal coherente del mismo (Heywood y Parker, 2001). Para lograr justificar las causas de la *flotación* deberíamos acudir al equilibrio de las fuerzas *peso* y *empuje*, anteriormente mencionado (Havu-Nuutinen, 2005; Mazzitelli, Maturano, Núñez y Pereira 2006). Pero hay que tener en cuenta que, en tercer curso de ESO, la *fuerza* se introduce únicamente para relacionar su causalidad con el cambio en el estado de movimiento de un cuerpo por lo que, en estas edades, resulta más adecuado el uso de la *densidad* para justificar la *flotación*.

En síntesis, según la literatura disponible, la situación que se nos plantea se fundamenta en lo siguiente:

- Respecto a las concepciones alternativas, tenemos la necesidad de conocer la forma de argumentar del alumnado sobre el tópico que nos ocupa (Konstantinidou, Cerveró y Castells, 2010), con el objetivo de contrastar las concepciones de nuestros estudiantes con las que presentan en la bibliografía (confusión entre *masa* y *densidad* y entre

masa y volumen, asociación de cambios de forma con cambios de *volumen* y desconocimiento del carácter específico de la *densidad*).

- En relación a las dificultades de los estudiantes relativas a su estado madurativo, aunque estos están en condiciones de afrontar nuestra temática de estudio, hay que tener en cuenta que los fenómenos basados en la comparación de razones (m/V) son multicausales y presentan problemas en su comprensión.

- Por último, las confusiones comentadas entre los conceptos *masa* (*peso*) y *densidad*, provocan dificultades en la explicación de la *flotación*, como fenómeno más usual que los estudiantes frecuentan en su vida diaria.

Estos planteamientos sentarán las bases de nuestro análisis de concepciones alternativas y del diseño y desarrollo de la propuesta de enseñanza correspondiente.

1.2. Características de los libros de texto

Una vez que contrastemos que persisten ideas inadecuadas y dificultades al aplicar los conceptos de *volumen*, *masa*, y *densidad*, el siguiente paso consiste en plantear que, presumiblemente, los libros de texto nos den pistas de dónde pueden estar las raíces de algunas de estas dificultades. Aunque, como indica Cortés (2006) en su trabajo, no queremos indicar que los libros de texto sean la única causa de la aparición de concepciones alternativas, únicamente pretendemos describir una realidad con la que nos encontramos a diario en las aulas. 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), puesto que es “el mediador que transforma el contenido en representaciones comprensibles a los alumnos” (Cruz-Guzmán, 2011, p. 142).

Aún así, como destacan algunos autores:

No siempre las argumentaciones vertidas en los libros de texto son suficientemente claras para un alumno. Pero más allá de este aspecto, otras dimensiones como por ejemplo, la ausencia o presencia explícita de las distintas formas de representar simbólicamente la relación entre las

diversas variables de un modelo que se presenta y su decodificación, puede resultar un obstáculo para la construcción de significados por parte de los estudiantes. (Catalán, Caballero y Moreira, 2009, p. 657)

En cuanto al uso de los libros de texto, aún con el auge de las nuevas tecnologías, sigue teniendo un protagonismo fundamental en la enseñanza de las ciencias, pues es un pilar básico en la acción docente del profesorado, y ocupan una posición central en la enseñanza escolar (Cañal y Criado, 2002; Perales y Jiménez, 2002). Este protagonismo es tal que a veces se relaciona directamente material curricular con libros de texto, ignorando que existen otros muchos materiales, como los diseños curriculares vigentes o las diversas propuestas de unidades didácticas (Del Carmen y Jiménez, 2010). De hecho:

La importancia del libro de texto, como recurso básico para el profesor, se refleja en la cantidad de investigaciones que en torno a este se han desarrollado en los últimos años y que han puesto claramente de manifiesto la influencia de los libros de texto y manuales escolares en la actividad que se desarrolla en el aula, ya que gran parte de la práctica educativa que realizan los profesores viene determinada por estos manuales. (Azcárate y Serradó, 2006, pp. 343-344)

Además, este recurso sigue siendo el preferido por los estudiantes para su aprendizaje (Woody, Daniel y Baker, 2010) y, por tanto, su mejora se considera necesaria para lograr que los cambios, prescritos por la Didáctica de las Ciencias, lleguen a las aulas.

Los textos "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, p. 425). Asimismo, Martins y Brigas (2005) admiten en su trabajo que, dentro de los recursos didácticos de los que disponemos, los libros de texto continuarán desempeñando un papel primordial dentro de la enseñanza, pues constituyen un medio privilegiado para promover el aprendizaje.

A continuación, presentaremos un estudio bibliográfico de cuáles son las carencias que, en general, reiteran los textos a la hora de presentar sus contenidos y, de forma específica, las relacionadas con los aspectos que nos atañen: el tratamiento de los contenidos sobre *volumen*, *masa* y *densidad*. Posteriormente, sintetizaremos las conclusiones que señalan la literatura de cómo debería ser un libro de texto para facilitar la asimilación de sus contenidos por el alumnado en ciencias.

1.2.1. Carencias generales de los textos

Nuestra constatación experimental sobre las deficiencias en algunos libros propició la hipótesis de que la enseñanza de los textos podría seguir haciéndose a la espalda de las necesidades señaladas anteriormente. En efecto, el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias en el presente apunta que muchas concepciones alternativas o tienen origen o se favorecen desde la propia enseñanza cuando no se introducen los conceptos adecuadamente. En este sentido, presentar conceptos, meramente mediante una fórmula matemática y una resolución numérica de ejercicios, puede llevar a los estudiantes a la adquisición de estas concepciones alternativas (Binns y Bell, 2015).

En más de diez años de docencia y contacto directo con este material, hemos constatado que el texto que nos ofrecen las editoriales es, en ocasiones, un material que presenta insuficiencias desde el punto de vista didáctico. Aunque a lo largo del siglo XIX, la forma de presentarse los contenidos científicos ha cambiado, el acento se sigue encontrando en una presentación de los conceptos de manera algo rigurosa y en el desarrollo de habilidades y destrezas mecánicas basadas, en la mayoría de los casos, en cálculos matemáticos (González y Sierra, 2004). El cambio al que nos referimos ha sido también estudiado por 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. (p. 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 al tratamiento de las ideas previas de los alumnos respecto al concepto estudiado (Caldeira, 2005).
- Escasas referencias a la metodología científica, imposibilitando a los estudiantes el aprendizaje de las características implícitas y explícitas de esta metodología (Binns y Bell, 2015).
- Simplificación de contenidos conceptuales, impidiendo a los estudiantes identificar las causas de los fenómenos físicos estudiados y provocando en estos la sensación de que ha comprendido el concepto, cuando realmente no es así (Alcocer, Carrión, Alonso y Campanario, 2004).
- Presentación de argumentaciones que no están suficientemente claras, lo cual presentará un obstáculo para la construcción de conocimientos (Catalán et al., 2009).
- Aportación de información que no se encuentra de forma ordenada, lo que aumenta la complejidad del texto, planteando preguntas al estudiante que necesitan de la supervisión docente (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). Asimismo, estas actividades no se presentan siguiendo los principios que

dicta la construcción de conocimiento como puede ser, por ejemplo, la interpretación de los fenómenos o la comparación de los datos obtenidos. De este modo, las actividades cumplen la mera función de demostrar conceptos de las ciencias en lugar de ser un complemento de un proceso de investigación (Morris, Masnick, Baker y Junglen, 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 investigación, 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).

1.2.2. *Volumen, masa y densidad* en los libros de texto secundaria

En una revisión de libros de texto en Colombia de un nivel equivalente a tercer curso de ESO en el sistema educativo español, Aguilar (2011) señala que el estudio de la *densidad* y de las magnitudes relacionadas con ella viene planteado, en estos libros, como algo imperativo impuesto por las ciencias, sin atender a su procedencia o explicación de las variables de las de que depende. Afirma que fomentan el aprendizaje memorístico y no promueven el estudio de este contenido en diferentes fenómenos. De su estudio, además, se concluye que en los textos:

- Las actividades se estructuran con el objetivo simple de aplicar un modelo matemático, dando lugar a la mecanización del proceso de enseñanza y careciendo de conclusiones en los resultados obtenidos. Es decir, aparece el resultado numérico sin ningún tipo de comentario, como cuáles son sus consecuencias o a qué es debido ese valor.
- Las imágenes que aparecen cumplen únicamente el objetivo de ser atractivas, alejándose de su relación con la temática tratada.

- Se dan por entendidos aspectos asociados a las propiedades de la materia, lo cual hace que exista un vacío conceptual y, por lo tanto, impida la construcción de conocimiento.
- La enseñanza se aborda de forma disciplinar, dependiendo si se trata de Física, Química o Biología, lo cual, provoca en el estudiante la idea de que los contenidos conceptuales son distintos en función de la disciplina en la cual aparezca.
- Presentan una información excesiva y de forma poco clara.

Otros estudios señalan, igualmente, que estos libros no exponen con profundidad la relación entre la *masa* y el *volumen* (Mazzitelli et al., 2005). Tratan la *densidad* (propiedad específica) de forma separada a la *masa* y el *volumen* (propiedades generales de las que depende), obligando al alumnado a emplear bastante tiempo y esfuerzo para conseguir una comprensión plena de estos contenidos (Hashweh, 2016).

La existencia de carencias en los textos, como deducimos de estos trabajos, aparecen independientemente del país de procedencia de estos.

En general, la estrategia de enseñanza prototípica, de la que hablaremos más adelante, parece encajar con las deficiencias encontradas en los textos (Morris et al., 2015). Para el caso de nuestra temática de estudio consiste, en primer lugar, en plantear la definición directa de la *densidad* 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 kg/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 estos contenidos se reduce a una simple resolución matemática que no conduciría a una comprensión de los mismos en situaciones de la vida real (Botero, 2010).

1.2.3. Cualidades de un buen libro de texto

De la revisión llevada a cabo en este apartado, se deducen algunas características que serían convenientes que se tuvieran en cuenta en los textos de secundaria.

Caldeira (2005) ofrece, en su trabajo, unas directrices genéricas que llama *los diez mandamientos* que todo buen libro de texto en ciencias debería contener y que resume, globalmente, las características aludidas. Estas recomendaciones son:

1. Evitar los errores científicos.
2. Tener en cuenta las concepciones alternativas del alumnado y presentar un lenguaje comprensible y claro.
3. Contener el concepto a tratar en toda su amplitud.
4. Utilizar la historia de la ciencia como medio de promoción del conocimiento científico.
5. Tener en cuenta la relación ciencia–tecnología-sociedad.
6. Disponer de diversidad de actividades.
7. Promover el cambio conceptual.
8. Contener imágenes integradas con el texto que sean fácilmente interpretables.
9. Presentar las actividades de laboratorio de forma acorde con las tendencias de la investigación educativa en Didáctica de las Ciencias.
10. Incentivar al estudiante el aprendizaje de la ciencia a través de la lectura.

Para que estos libros presenten un lenguaje claro, que facilite la comprensión por parte de los estudiantes y que abarque la totalidad del concepto a estudiar, es necesario la existencia de una buena argumentación. Esta propiedad es una herramienta fundamental para que el aprendizaje científico del alumnado sea lo más completo posible, pues les 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 determinados por la forma en la que se enuncian y se presentan los contenidos en los textos (Concari, Pozzo y Giorgi, 1999).

En este trabajo de investigación, y considerando los estudios bibliográficos anteriores, nos centraremos en buscar en los textos el grado de amplitud abarcado en los contenidos concernientes al *volumen*, la *masa* y la *densidad*, así como la aparición o no del tratamiento de las concepciones alternativas.

El análisis del resto de características mencionadas por Caldeira (2005) formaría parte de otro estudio complementario al que nos ocupa.

1.3. Una propuesta de enseñanza alternativa

La complejidad, descrita en apartados anteriores, que presenta la enseñanza y aprendizaje de las propiedades de la materia, debe ser tenida en cuenta por el profesorado que imparte la materia si queremos obtener resultados satisfactorios (Doménech, 1992). Para ello, debemos huir de un modelo didáctico que no parece ser efectivo en el proceso de aprendizaje del alumnado y de enseñanza por parte del profesor, impidiendo que los estudiantes disfruten con la ciencia y puedan aplicar al mundo que les rodea los conocimientos adquiridos en el centro de estudio.

1.3.1. Características de la enseñanza tradicional

Hace una década, aún predominaba una enseñanza basada en clases teóricas magistrales, el uso del libro de texto y la resolución matemática de ejercicios de lápiz y papel para la aplicación de una ecuación dada (Oliva y Acevedo, 2005). Es la metodología de enseñanza tradicional de las ciencias que frustra a un gran número de estudiantes por numerosos motivos, entre ellos, la falta de experimentación y la incapacidad de utilizar estos conocimientos en su vida cotidiana (Torres, 2010; Marusic y Slisko, 2014). Aún hoy día, se siguen observando atisbos de una visión tradicional de la enseñanza de las ciencias en profesores de secundaria, durante su proceso de formación inicial (Pontes y Poyato, 2016), que consideramos necesario abordar.

La aplicación de este modelo de enseñanza produce, en estudiantes que han pasado sobradamente la adolescencia, la falta de comprensión y dificultades en la aplicación de conceptos básicos, como los casos específicos de las propiedades

elementales de la materia. La dificultad en la comprensión de estos contenidos persiste incluso a nivel universitario. Por tanto, es un error considerar que su asimilación quedó consolidada en enseñanzas anteriores, siendo ineludible recurrir a una variedad de estrategias que difieran de la simple transmisión verbal y aplicación mediante ejercicios numéricos.

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, las dificultades que presentan estos a la hora de diferenciar los conceptos de *volumen*, *masa* y *densidad*. Para ayudar a solventar estas concepciones, las actividades diseñadas deben fomentar la interpretación de los datos obtenidos para apoyar la explicación de los fenómenos estudiados en cada caso (Morris et al., 2015).

En el modelo tradicional, el estudio de estas magnitudes se presenta en base a ecuaciones matemáticas y cómo se aplican estas en la resolución de ejercicios numéricos relacionados con la *densidad* (Almuntasheri, Gillies y Wright, 2016). Este tipo de aprendizaje memorístico conduce a que el alumnado encuentre en la *densidad* un concepto demasiado abstracto y teórico, sin ningún tipo de significado con fenómenos que ocurran en su vida ordinaria (Botero, 2010; Hitt, 2005).

Debemos, por tanto, acudir a una enseñanza que promueva la realización de una pluralidad de experiencias que, junto con el desarrollo de pequeñas actividades numéricas, contribuya a una mejor consolidación de estos contenidos (Franco, 2009).

1.3.2. Alternativas al modelo tradicional de enseñanza: enseñanza por investigación dirigida

Por todo lo anterior, consideramos necesario mejorar el modelo de enseñanza practicado hasta ahora con los contenidos que nos ocupan. Driver (1988) y Díaz Hernández (1999), citados en Cruz-Guzmán (2011), recomiendan:

Dirigir el aprendizaje a través de actividades de aplicación de los diferentes conceptos que se quieran introducir, procurando evitar la

excesiva teorización de los contenidos y llegando a la abstracción a través de un proceso de aplicación reiterada de cada aprendizaje a diferentes situaciones concretas. (pp. 142-143)

Con esta finalidad y, de forma general, los criterios a seguir para el diseño de una propuesta de enseñanza que subsane las deficiencias que presenta la enseñanza tradicional van dirigidos a:

- Considerar las concepciones alternativas del alumnado (Carrascosa, 2005) y las deficiencias de los libros de texto.
- Tener en cuenta los modelos explicativos de los estudiantes, motivándolos mediante el uso de recursos didácticos recreativos y trabajando en el aula de forma activa y colaborativa, para favorecer un aprendizaje más significativo (Franco, Oliva y Almoraima, 2014).
- Acercar a los estudiantes al lenguaje científico a través de la ejemplificación de los contenidos mediante la descripción de fenómenos que experimentan los estudiantes en su vida diaria, solapando así los conceptos científicos con el entorno cotidiano (Candela, 2006).
- Contemplar la divulgación científica, puesto que la educación científica no es hoy la fuente principal de información, sobre todo en la enseñanza obligatoria (Blanco, 2004).
- Poner el foco, no solo en los contenidos conceptuales sino también en los procedimentales y actitudinales, puesto que estos tres tipos de contenidos forman un cuerpo cohesionado (Pro, 1998).
- Secuenciar las actividades teniendo en cuenta la intuición y los intereses didácticos de los profesores. La intuición se justifica por ser el origen de la experiencia acumulada por el docente y los intereses porque son un elemento sinérgico de la motivación del profesorado y, por lo tanto, imprescindible en la práctica educativa (Sanmartí, 2000).

En cuanto a las actividades a poner en práctica en el aula, deben fomentar en los estudiantes una actitud activa en el proceso de aprendizaje (Campanario y Moya, 1999) y, para ello, los criterios para su selección demandan:

- “Promover actividades para que los estudiantes hagan suyos los problemas, tomen conciencia de sus ideas sobre ellos, las debatan entre

sí, las pongan a prueba frente a diversas fuentes de información, las reelaboren, las estructuren y las apliquen” (Porlán, 2003, p.31).

- Desarrollar las actividades fundamentadas en problemas y secuencias didácticas basadas en la investigación (Caamaño, 2011).
- Promover el trabajo práctico y llevarlo a cabo a través de un planteamiento inicial del problema, planificando la metodología, evaluando el resultado obtenido y comunicándolo al resto de compañeros (Caamaño, 2012).
- Proporcionar a los estudiantes para la realización de las tareas prácticas indicaciones básicas escritas, dada la importancia que tiene en estas tareas la ayuda a los estudiantes y el tiempo limitado del que dispone el profesor para atender a todos ellos (Abrahams y Millar, 2008).

En relación a las características que sugiere Caamaño (2012) sobre la secuencia que debe seguir las actividades prácticas, Carrascosa (1995) concreta:

- Las actividades prácticas deben plantearse como la necesidad de resolver un problema concreto, teniendo en cuenta el interés que pueda tener para los estudiantes y la facilidad para ser abordado por estos. Así, favorecerá la actitud de estudiante hacia el trabajo en el aula.
- Es necesario la emisión de hipótesis, que faciliten el desarrollo de la creatividad en el alumnado y puedan enlazar con las concepciones alternativas, diseñando métodos para su contrastación y planteando situaciones que puedan afectar a las hipótesis iniciales.
- Para fomentar la creatividad antes mencionada, debemos proponer al alumnado que diseñen su propia metodología para resolver el problema: cómo medir las variables, qué instrumentos son los más adecuados, programar los pasos a seguir, etc.
- Obtenidos los resultados, se deben establecer unas conclusiones finales, donde se analizarán si se cumple o no la hipótesis de partida, y comparando los resultados obtenidos con el resto de compañeros. De esta forma, debemos insistir en el carácter abierto de la investigación científica. Será necesario, además, que los estudiantes elaboren una memoria de la actividad práctica realizada.

En definitiva, las investigaciones sobre propuestas de enseñanza alternativas al modelo tradicional señalan la necesidad fomentar en los estudiantes una actitud activa en el proceso de aprendizaje y, para ello, deben acudir a la experimentación para la resolución de problemas y huir de la memorización de los contenidos (Campanario y Moya, 1999).

En el caso específico del *volumen*, la *masa* y la *densidad* y de los fenómenos relacionados con estas propiedades de la materia, para conseguir su asimilación de forma correcta, diversas investigaciones de la literatura recomiendan:

- Experimentar y entender previamente los conceptos de *masa* y *volumen*, puesto que son las variables extensivas de las que depende la variable intensiva *densidad* (Dole et al., 2013).
- Realizar experiencias de laboratorio con objetos cotidianos (como latas de refrescos y agua) para introducir a los estudiantes de ciencias fenómenos relacionados con la *densidad*, como el principio de Arquímedes y la *flotación* de sólidos en líquidos. Estas actividades permiten a los estudiantes determinar densidades de líquidos usando objetos que flotan y se hunden en ellos, además de utilizar la técnica de desplazamiento de *volumen* como una forma de determinar el *volumen* de un objeto inmerso en un líquido (Sanger, Humphreys y LaPorte, 2009).
- Explicar la *densidad* como una medida de la compactación de la materia, relacionando las apreciaciones a nivel macroscópico con su composición a nivel microscópico: *masa* de las partículas y distancia entre ellas (Hawkes, 2004).
- Conseguir una correcta alfabetización científica de los estudiantes para que utilicen expresiones como *masa por unidad de volumen*, que definen la *densidad* (Seah, Clarke y Hart, 2015; Xu y Clarke, 2012).

En relación con el segundo punto, es necesario, por tanto, llevar a cabo una mayor experimentación y elaboración de actividades que favorezcan la reflexión y adecuada construcción de los contenidos mencionados (Raviolo et al., 2005). Ejemplos de este tipo de actividades podemos encontrarlas en la literatura:

- Obtención de la relación *masa-volumen* en cubos de poliestireno expandido antes y después de su compresión (Baker y Woodward, 2001).

- Medidas de la *densidad* en disoluciones de sacarosa de distinta *concentración* (Peterson, 2008).
- Comprobación de la *flotación* y hundimiento de distintas latas de refresco en agua (Sanger et al., 2009).

En el trabajo de Carrascosa (1995), también podemos encontrar una serie de actividades relacionadas con las propiedades generales de la materia, en concreto, sobre las propiedades que nos ocupa en esta investigación:

- Realizar un sondeo para conocer cuáles son los materiales más conocidos por los estudiantes.
- Introducir el *volumen*, la *masa* y el *peso* como propiedades comunes a todos los cuerpos que pueden tomar cualquier valor, independientemente del cuerpo del que se trate.
- Recalcar la necesidad de la utilidad de los distintos materiales dependiendo de alguna propiedad característica que las diferencie de otros, citando ejemplos de materiales y de sus utilidades.
- Preguntar, para el caso de la madera y del hierro, cuál creen los estudiantes que puede ser el más pesado de los dos.
- Plantear la situación de dos objetos distintos hechos de diferente material y pedir que los estudiantes expliquen cómo podríamos saber cuál es el más ligero.
- Proporcionar dos series de tres objetos diferentes cubiertos con papel de aluminio, para evitar que los estudiantes sepan el material que los constituye. La primera de ellas formada por objetos de mismo tamaño y diferente *masa* y, la segunda, con objetos de estos mismos materiales pero con misma *masa* cambiando, por tanto, su tamaño (*volumen*). Sin necesidad de utilizar instrumentos de medida, se les pide que la primera serie la ordenen en orden creciente de *peso* y, la segunda, en orden decreciente de tamaño. Una vez descubran los objetos, observarán, si se hizo correctamente, que la ordenación coincide en ambos casos.
- Introducir, a partir de la actividad anterior, el concepto de *densidad*, a través de la relación entre la *masa* de los objetos y su *volumen*.

Las consideraciones anteriores implican que solo haciendo que los estudiantes practiquen (ayudados por el profesor) aspectos esenciales de la metodología científica, como imaginar soluciones a problemas en forma de hipótesis, diseñar experimentos de contrastación de las hipótesis, etc., podrán superar su metodología de la superficialidad y, consecuentemente, construir conocimientos. (Furió y Guisasola, 2001, p. 321)

Por otro lado, para conseguir la correcta alfabetización científica mencionada con anterioridad, Quílez-Pardo (2016) propone en su trabajo una serie de actuaciones para su mejora, algunas de las cuales señalamos a continuación:

- Favorecer la indagación científica en las clases de ciencias.
- Leer textos relacionado con algún fenómeno científico.
- Dar tiempo a los estudiantes a recapacitar sobre las cuestiones planteadas por el profesor.
- Propiciar el razonamiento de las actividades de indagación, redactando informes donde los estudiantes tengan que sintetizar las respuestas.
- Recurrir a debates y discusiones en clases, fomentando el pensamiento crítico del alumnado.

Nos referimos, por tanto, a un modelo alternativo a la enseñanza tradicional, basado en la experimentación en el aula y que incentive la participación del alumnado en las clases de ciencias. Las características que debe tener este nuevo modelo, cumple con las peculiaridades de una enseñanza fundamentada en la metodología por investigación dirigida, dentro del marco de la teoría constructivista del aprendizaje. El enfoque constructivista implica reproducir entornos en los que las actividades de aprendizaje sean más eficientes, productivas y donde los estudiantes pueden expresar sus opiniones, mantener debates sobre temas y escuchar los criterios de los demás (Üce y Ates, 2016).

Este enfoque consiste en que los estudiantes hagan las veces de investigadores noveles trabajando en pequeños grupos (simulando los equipos de investigación de los científicos) y dirigidos por el profesor (como representación de la comunidad

científica), fomentando las interacciones estudiante-estudiante y profesor-estudiante (Furió y Guisasola, 2001).

Muchos autores apoyan estas ideas:

La investigación científica trata de identificar el fenómeno que causa una inquietud, el científico genera toda una metodología para probar las posibles hipótesis que expliquen tal fenómeno, por último concluye basado en sus resultados experimentales cuál hipótesis responde al fenómeno que le ocasionó la duda, claro está basado siempre en la teoría científica previa y sujeto a variantes que con el tiempo puedan surgir.

Tal proceso genera un aprendizaje. Si la investigación a partir de una inquietud funciona para los científicos, por qué no pensar que, para ciertos temas de los programas de estudio de ciencias en educación secundaria, la investigación podría ser una estrategia metodológica pertinente para el proceso de enseñanza- aprendizaje de tal tema. (Moya, Chaves y Castillo, 2011, p. 121)

La enseñanza por investigación permite más fácilmente la adquisición, por parte de los estudiantes, de destrezas (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que les faculte a explicar fenómenos de su realidad cotidiana. Este modelo presupone una mayor implicación de los estudiantes en investigaciones científicas, lo cual promueve un perfeccionamiento en la comprensión del aprendizaje en los procesos y en las actitudes (Hodson, 1992).

Una de las razones para que se dé este progreso en los estudiantes está relacionada con la mejora en la actitud hacia la ciencia cuando se encuentran trabajando en un ambiente distinto al aula ordinaria, como es el laboratorio, llevándoles a aumentar su rendimiento académico de manera significativa (Baker y Woodward, 2001; Ural, 2016).

Para el caso específico del estudio de la *densidad* y, por tanto, de las magnitudes de las que depende, el aprendizaje por investigación dirigida produce una mejor asimilación de este concepto, así como en la explicación de fenómenos relacionados con él (Almuntasheri et al., 2016).

Cañal y Porlán (1987) sintetizan las ventajas que conllevan este aprendizaje por investigación en el aula:

- Promueve el conocimiento de fenómenos del medio que rodea al estudiante.
- Fomenta el entendimiento de otras disciplinas, así como la relación que existe entre ellas (conocimiento interdisciplinar).
- Precisa del trabajo individual y grupal en el aula, promoviendo la comunicación y el intercambio de ideas en el alumnado.
- Requiere de la contrastación y confrontación de las ideas que se exponen.
- Une el trabajo en el aula con el entretenimiento, aunque se presenten dificultades durante el desarrollo de las actividades.

Sin embargo, de igual manera que ocurre con otros enfoques, la enseñanza por investigación presenta ciertas dificultades durante su desarrollo:

- La limitada capacidad investigadora de los estudiantes ante un problema, que obliga al profesor a simplificar las situaciones planteadas (Campanario y Moya, 1999).
- El sacrificio de parte de los contenidos, debido al tiempo excesivo que necesitan las actividades realizadas por investigación, obligando al profesorado a minimizar este tiempo usando su creatividad y experiencia (Moya et al., 2011).
- Posible rechazo de los estudiantes al enfrentarse a una nueva metodología de enseñanza (Campanario y Moya, 1999).
- Dificultades legales relacionadas con el curriculum, limitaciones de recursos y espacios que generan en el docente cierto grado de incertidumbre (Pozuelos, Travé y Cañal, 2007).

En el Capítulo 8, llevaremos a cabo una descripción pormenorizada de la adaptación de este modelo de enseñanza elegido para nuestro estudio, en función de las fases de las que consta.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general y preguntas de investigación

Como ya se avanzó en la introducción de esta memoria, en este trabajo se pretende realizar una aportación a la Didáctica de las Ciencias Experimentales, mediante el diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza que ayude al alumnado de secundaria obligatoria a solventar aquellas concepciones relacionadas con los contenidos *volumen*, *masa* y *densidad* tratados en esta etapa. Para llegar a vertebrar una propuesta que resulte efectiva para el fin descrito, creemos necesario realizar, en primer lugar, una contrastación de las concepciones alternativas que se encuentran en la bibliografía relativas a nuestra temática, mediante un estudio empírico. Además, realizar un análisis de la idoneidad de los libros de texto, que nos proporcionará igualmente pistas sobre las mejoras que debe aportar la propuesta de enseñanza.

Partiendo del objetivo general antes mencionado, se muestran las preguntas de investigación estructuradas atendiendo a cada una de las etapas en las que se vertebra nuestro estudio

En lo relativo a las concepciones alternativas de los alumnos (Etapa I) que forman parte de la Muestra 1 de investigación, la pregunta amplia de investigación es:

¿Cuáles son las concepciones alternativas que tienen los estudiantes de tercero de ESO respecto al *volumen*, la *masa* y la *densidad*?

Esta pregunta de investigación da lugar a las siguientes preguntas específicas para la Etapa I:

1. ¿Tienen conocimiento del *volumen*, la *masa*, y la *densidad* de objetos cotidianos, así como de las unidades más frecuentes usadas en estas magnitudes?
2. ¿Saben diferenciar en qué circunstancias se conservan estas propiedades frente a cambios de forma o de estado de la materia?
3. ¿Relacionan la *densidad* con el grado de compactación de la materia en sus distintos estados de agregación?

4. ¿Saben interpretar adecuadamente qué variables influyen en el *volumen* de agua desalojado por un cuerpo sólido en inmersión y en el fenómeno de *flotación* de sólidos en líquidos?
5. ¿Identifican la *densidad* como propiedad específica de la materia y conocen sus consecuencias?

En lo referente al estudio de libros de texto (Etapa II), nos preguntamos:

¿Qué tratamiento hacen los libros de texto de segundo (LOMCE) y tercero (LOE) respecto a los conceptos de *volumen*, *masa* y *densidad*?

La pregunta amplia de investigación anterior deriva en las siguientes preguntas específicas:

1. ¿Muestran ejemplos sobre el *volumen*, la *masa* y la *densidad* de objetos presentes en la vida cotidiana y de sus unidades más comunes?
2. ¿Explican qué propiedades permanecen inalterables frente a los cambios de estado o de forma de la materia?
3. ¿Indican cómo varía la *densidad* con el grado de compactación de la materia?
4. ¿Explican de qué depende el *volumen* desalojado por un sólido inmerso en un líquido y el fenómeno de *flotación* de cuerpos?
5. ¿Destacan la importancia del carácter específico de la *densidad* en todos sus aspectos?

En estas dos primeras fases de la investigación las preguntas específicas de investigación se encuentran relacionadas entre sí, como puede observarse en la redacción de las mismas. Esto se debe, como ya se comentó con anterioridad, a que no solo nos conformamos con hacer un barrido amplio de las concepciones alternativas de los estudiantes sino, también, buscar una correspondencia entre estas concepciones y la forma en la que se desarrollan los contenidos en los textos.

La pregunta amplia de investigación en la Etapa III es:

¿Qué aprenden los estudiantes de tercero de ESO después de participar en una secuencia de enseñanza, con unas actividades diseñadas teniendo en cuenta las deficiencias detectadas?

Las preguntas específicas de investigación relativas a la propuesta de enseñanza se estructuran de forma distinta, aunque intrínsecamente, sigue existiendo relación entre estas preguntas y sus predecesoras. Las preguntas de investigación correspondientes a las Etapas I y II, están redactadas después de haber realizado un estudio bibliográfico, como se indicó en el Capítulo 1. Atienden, estas preguntas, a una contrastación detallada de este estudio y de nuestra actividad docente diaria con alumnado de estas edades. En el caso del diseño de la propuesta de enseñanza (Etapa III) no nos conformamos con resolver las dificultades encontradas, sino que nos proponemos profundizar en la raíz de estas dificultades pues, de este modo, tenemos la expectativa de que estas se debiliten en el tiempo. Además, la propuesta que se desarrolle debe ser viable desde el punto de vista práctico y que abarque aquellos aspectos que presenten mayores dificultades para los estudiantes. Teniendo en cuenta todo lo anterior, para la Etapa III consideramos que las preguntas de investigación específicas más adecuadas para este trabajo son las siguientes:

1. ¿Conocen los conceptos de *volumen* y *masa*, sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?
2. ¿Entienden la dependencia del *volumen desalojado* por un sólido inmerso totalmente en un líquido?
3. ¿Reconocen las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*?
4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos *volumen*, *masa* y *densidad*?
5. ¿Reconocen el concepto *densidad* y lo utilizan para la identificación de sustancias?
6. ¿Utilizan la *densidad* para justificar el fenómeno de la *flotación*?
7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la *densidad*?
8. ¿Diferencian los conceptos *densidad* y *viscosidad*?

2.2. Hipótesis

Las hipótesis de trabajo están basadas en nuestra experiencia profesional con alumnado de educación secundaria y consiste en suponer que existen estudiantes

con concepciones alternativas en torno a estos contenidos que interferirán en su aprendizaje de fenómenos relacionados con ellos. Se supone que el origen de la permanencia de estas dificultades en niveles en los que ya deberían estar superadas, no reside en una alta demanda cognitiva de los contenidos en relación con la maduración de los estudiantes de tercer curso de ESO. Probablemente se trata de que en ningún momento del paso por el sistema educativo, se han abordado, como se prescribe en la Didáctica de las Ciencias, las concepciones alternativas de los estudiantes, comenzando ya desde el último ciclo de primaria. Quizás, no se ha valorado que se trata de contenidos formales, y no se han utilizado de forma sistemática para aplicarse a la interpretación de situaciones cotidianas, o académicas, suscitadas en el currículo.

Es presumible que los libros de texto, que son un indicador de la enseñanza que se hace extensivamente, nos den pistas, tanto de dónde pueden estar las raíces de algunas dificultades, como de ejemplos de presentación adecuada.

Supuestamente, si en una propuesta de enseñanza se tienen en cuenta todas estas consideraciones, los estudiantes lograrán superar sus concepciones alternativas y lograrán aplicar los contenidos en un amplio rango de situaciones, como las suscitadas en el nivel educativo en el que se plantea la investigación.

Dentro del marco de las preguntas de investigación, referidas a situaciones reales que se dan en el aula y relacionados con problemas significativos para la enseñanza de la Física y la Química, se diseñaron los instrumentos que permitieron realizar la presente investigación.

2.3. Aspectos metodológicos para la contrastación de la hipótesis de trabajo

Debido a que esta investigación, como ya se comentara con anterioridad, está estructurada en tres etapas diferenciadas y relacionadas entre sí, los aspectos metodológicos se presentarán atendiendo a dicha estructura.

En la Etapa I la metodología de investigación utilizada es de tipo descriptivo (estudio ex post-facto), en la que seguimos la planificación característica de la metodología cuantitativa. Esta planificación se caracteriza por la identificación y formulación del problema a investigar, el establecimiento de los objetivos, la selección de la muestra, el diseño del sistema de recogida de información, recogida y análisis de los datos y, por último, la extracción de conclusiones. No nos limitamos, por tanto, a una simple recogida de datos sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, sino que intentamos responder a los motivos que originan estas concepciones (Bisquerra, 2009). En cuanto a la muestra, se trata de una muestra de conveniencia, formada por un grupo de estudiantes a los que el profesor y autor de este trabajo imparte clase (Cohen y Manion, 1989).

La Etapa II presenta características metodológicas similares a su predecesora, puesto que también es un estudio ex post-facto de tipo descriptivo, con las mismas características para su planificación que las descritas con anterioridad. La diferencia está en la muestra, que en este caso es una muestra intencional, pues construimos una muestra que satisface las características de nuestra investigación: analizamos los libros de textos que nos serán útiles para este trabajo (Cohen y Manion, 1989).

Por último, la Etapa III se trata de un estudio cuasiexperimental. Un estudio experimental requiere que haya dos grupos al menos para realizar una comparación del efecto de una condición sobre uno de los grupos, o comparar el efecto de circunstancias desiguales en un mismo grupo (Bisquerra, 2009). En nuestro caso, por motivos laborales, solo disponemos de un grupo sobre el que se prueba la eficacia de una propuesta de enseñanza. Lo anterior, unido a la ausencia de aleatoriedad en la elección de la muestra por la aplicación del estudio en grupos ya formados, hace que esta etapa sea de carácter cuasiexperimental.

Por otro lado, nuestros instrumentos de recogidas de datos (en el análisis de concepciones alternativas, en el análisis de libros de texto y en la evaluación de la propuesta de enseñanza) no solo tienen carácter cuantitativo, sino también cualitativo. Ello es debido a que, en el análisis de los mismos, además de observar la frecuencia con la que se repite un determinado conocimiento (metodología cuantitativa experimental), también se realiza un análisis de contenido (en las

respuestas abiertas a los cuestionarios, respuestas de los alumnos en las hojas de trabajo y análisis de los libros de texto).

Como podemos observar, en muchas ocasiones, es difícil separar metodología cuantitativa de cualitativa. Las condiciones de exigencia que supone la investigación educativa, da lugar a que la metodología utilizada tenga que ser variada. Este hecho refuerza los pilares de la investigación, puesto que los sesgos que poseen ambos métodos serán minimizados (Cook y Reichardt, 2005). Asimismo, la utilización combinada de las dos metodologías ayudará a enriquecer la investigación (Meza, 2002).

En todo caso se han tomado las medidas oportunas para garantizar la fiabilidad y validez del estudio. Entre estas medidas se encuentra la validación de los cuestionarios de tareas de los estudiantes, del protocolo de análisis de texto, así como de la propuesta de enseñanza. Todos estos instrumentos se describirán con detalle en los capítulos posteriores.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA. ETAPA I

3. METODOLOGÍA. ETAPA I

En este capítulo, llevaremos a cabo la descripción de la metodología seguida para responder, de forma general, a la pregunta amplia de investigación:

¿Cuáles son las concepciones alternativas que tienen los estudiantes respecto al *volumen*, la *masa* y la *densidad*?

Y, de forma específica, a las siguientes preguntas, que también se muestran a modo de recordatorio:

1. ¿Tienen conocimiento del *volumen*, la *masa*, y la *densidad* de objetos cotidianos, así como de las unidades más frecuentes usadas en estas magnitudes?
2. ¿Saben diferenciar en qué circunstancias se conservan estas propiedades frente a cambios de forma o de estado de la materia?
3. ¿Relacionan la *densidad* con el grado de compactación de la materia en sus distintos estados de agregación?
4. ¿Saben interpretar adecuadamente qué variables influyen en el *volumen* de agua desalojado por un cuerpo sólido en inmersión y en el fenómeno de *flotación* de sólidos en líquidos?
5. ¿Identifican la *densidad* como propiedad específica de la materia y conocen sus consecuencias?

3.1. Los participantes y la elección de la muestra

El procedimiento de muestreo elegido en nuestro estudio se enmarca dentro del *muestreo no probabilístico por conveniencia*, puesto que es un muestreo no aleatorio en el que se accede a una muestra pequeña por razones de accesibilidad por nuestra parte (Colás, Buendía y Hernández, 2009).

La recogida de datos, sobre concepciones alternativas, tuvo lugar en el IES Doñana en Almonte (Huelva). Los participantes fueron 24 estudiantes de tercer curso del centro, por tanto, el tamaño de la muestra es el tamaño de la clase. Aunque es necesario aclarar que no siempre se contó con todo el alumnado en los

distintos momentos en que tuvo lugar la recogida de información, como se verá más adelante.

El IES Doñana consta de 80 profesores y 1200 estudiantes matriculados y se encuentra situado en un entorno sociocultural medio-alto.

La edad media de los participantes (13 de sexo femenino y 11 de masculino) en el momento de la recogida de datos era de 14 años y cuenta con dos alumnos y una alumna de nacionalidad no española, pero con perfecto manejo de la lengua. Este alumnado, cuyo rendimiento académico, en general es bueno, tiene como materia obligatoria Física y Química, de la que el investigador de este proyecto es profesor. La investigación sobre concepciones alternativas, se lleva a cabo durante alguna de las dos horas de las que dispone la Física y Química a la semana en el currículo. Durante el proceso de recogida de información y de validación de los instrumentos metodológicos, hay que agradecer la participación de los otros dos compañeros del Departamento de Física y Química, que en todo momento estuvieron dispuestos a colaborar en la investigación.

El criterio seguido a la hora de elegir la muestra de estudiantes fue centrarse en aquel curso donde el estudio de los contenidos relativos a las propiedades de la materia debía estar más que afianzado. El tratamiento de estas propiedades y su cálculo aparece en la mayoría de los libros de texto, tanto de tercer curso de ESO (LOE) como de segundo (LOMCE), en la unidad relacionada con *La materia*. Por tanto sería de esperar que el alumnado que finaliza tercero deba tener estos contenidos consolidados.

La propuesta de enseñanza se realizó en un contexto similar a las descritas para este análisis de concepciones alternativas.

3.2. Fases de la etapa y temporalización

El estudio realizado en esta primera etapa se llevó a cabo en cuatro fases, desarrolladas desde noviembre de 2013 hasta marzo de 2015, las cuales se describen a continuación.

3.2.1. Elaboración y validación de los instrumentos de recogida de información

Con ayuda de la bibliografía y la experiencia de este doctorando, con alumnado de educación secundaria, se procedió a la elaboración de los cuestionarios de recogida de datos de los estudiantes (diagnóstico de partida).

En un principio no se pensó en realizar un número concreto de cuestionarios. El objetivo era construir un instrumento que fuera capaz de abarcar todos los aspectos posibles relacionados con las propiedades *volumen*, *masa* y *densidad*, que los estudiantes pudieran encontrarse en su vida diaria. El primer borrador fue elaborado por el autor de este proyecto, con ayuda de la bibliografía, contando esta versión con un total de 24 preguntas.

Este instrumento está basado en los trabajos de Fernández (1988) y Lahera y Forteza (2003), para la identificación de las ideas de los estudiantes. Presenta una estructura similar al desarrollado por estos autores, por ser de preguntas abiertas a responder de forma razonada por los sujetos. Además, su contenido sigue las directrices de Murillo Torrecilla (s.f.), al intentar abarcar todos los aspectos de los conceptos y porque las preguntas se complementan unas a otras con este objetivo.

El análisis de respuestas abiertas presenta siempre una dificultad añadida, pues por mucho que se haya previsto su composición y estructura, siempre es necesario realizar una re-categorización de las mismas. Sin embargo, prevalece la ventaja de la riqueza que proporciona la información que se obtiene.

Ante la dificultad que supone aplicar un cuestionario tan extenso a los estudiantes que participan en la experimentación, se decidió fragmentar este instrumento en partes. El criterio para esta división fue clasificar en un mismo cuestionario las preguntas que tuvieran que ver con los mismos aspectos relacionados con el *volumen*, la *masa* y la *densidad*, surgiendo de esta forma cinco bloques principales y, por tanto, cinco cuestionarios (Versión 1 del instrumento de recogida de información).

La validación de estos cuestionarios fue realizada por parte de dos profesores del Departamento de Física y Química del IES Doñana (Almonte), donde se realizó el proceso de recogida de datos, y cuatro investigadores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla (*validación de expertos*). La experiencia en Didáctica de las Ciencias aportada por estos profesores e investigadores aportó una visión crítica al instrumento de recogida de datos. En este proceso de validación se detectó la falta de algunas ideas (*validación de contenido*), lo cual supuso una modificación de un 12,5% de las preguntas (3 de 24). Las preguntas de estos cuestionarios tratan de medir todas las dimensiones del *volumen*, la *masa* y la *densidad*, para evitar cometer un error de validez de contenido y evaluar únicamente una parte de los conceptos (Escobar y Cuervo, 2008). Así mismo, se realizaron mejoras de formato en algunas cuestiones, con las sugerencias de todos los expertos consultados.

De ahí salió la Versión 2 del instrumento, que puede verse en el Anexo I (p. 281). En la columna de la izquierda se ha colocado una pequeña etiqueta sobre cada pregunta a modo de título, con el fin de facilitar la tarea del lector de este trabajo. En la columna de la derecha se indica cuál es el objetivo que se persigue con cada pregunta del cuestionario correspondiente.

El número de preguntas en los que se estructura cada uno de los cuestionarios es distinto debido a que no todos los aspectos de las propiedades *volumen*, *masa* y *densidad* están asociados a igual diversidad de fenómenos. Es decir, los cuestionarios con más preguntas no son los más complejos, sino los que presentan mayor variedad de fenómenos del aspecto estudiado.

En la Tabla 3.1 se puede observar la distribución de las preguntas en los cuestionarios (I a V). Por otro lado, la numeración asignada a los cuestionarios es creciente atendiendo a la complejidad que presenta cada uno y, en ese orden, se pasó a los estudiantes. Dentro de cada uno, las preguntas también se presentan en orden creciente de complejidad.

Tabla 3.1
Cuestionarios de diagnóstico de partida

Cuestionario	Aspecto	Número de preguntas
I	Conocimiento básico cotidiano	4
II	Conservación de <i>masa</i> , <i>volumen</i> y <i>densidad</i>	5
III	Relación entre <i>densidad</i> y grado de compactación de la materia	7
IV	<i>Volumen</i> desalojado por un sólido al sumergirse en un líquido y <i>flotación</i>	4
V	Especificidad de la <i>densidad</i>	4

Se señaló con anterioridad que el instrumento de recogida de datos en este trabajo tiene la particularidad de adjuntar a las tareas una imagen gráfica, diseñada con el objetivo de mejorar las existentes en estudios previos realizados.

El uso de la imagen en la enseñanza, particularmente de la ciencia, proporciona ventajas fundamentales que lo diferencia de otros recursos didácticos. En primer lugar hay que señalar que la utilización de las imágenes adecuadas constituye un gran atractivo para el alumnado, pues puede ayudar a fomentar procesos propios de la competencia científica y a favorecer en los estudiantes la actitud que tienen hacia la ciencia en general (Carrascosa, 2006). Además de esto, contribuye a la comprensión de conceptos difíciles de entender, familiarizando al estudiante con la vida cotidiana e incentivando la aparición de concepciones alternativas que pudieran existir de forma implícita (Rigo, 2014). A medida que más complejo resulte el texto, mayor será la utilidad que pueda proporcionar la imagen en su comprensión, sobre todo si esta es simbólica y sintética (Carney y Levin, 2002; Perales, 2008). Asimismo, el uso de imágenes fomenta que las respuestas ofrecidas por los estudiantes sean, por lo general, más completas.

Frente a todas las ventajas que ofrece el uso de la imagen para la enseñanza, en general, y para la detección de concepciones alternativas, en particular, se encuentra la complicación del diseño de la misma. De igual manera que un buen diseño ayuda a la comprensión y realización de la tarea por parte de los estudiantes, un diseño erróneo puede llevar a una mala interpretación de la cuestión planteada. Ilustraremos lo que deseamos expresar mediante un ejemplo: Si planteamos al estudiante la pregunta *¿En qué estado posee la materia menor densidad?* y le

adjuntamos la Figura 3.1, la justificación de la respuesta podría distar de ser correcta.

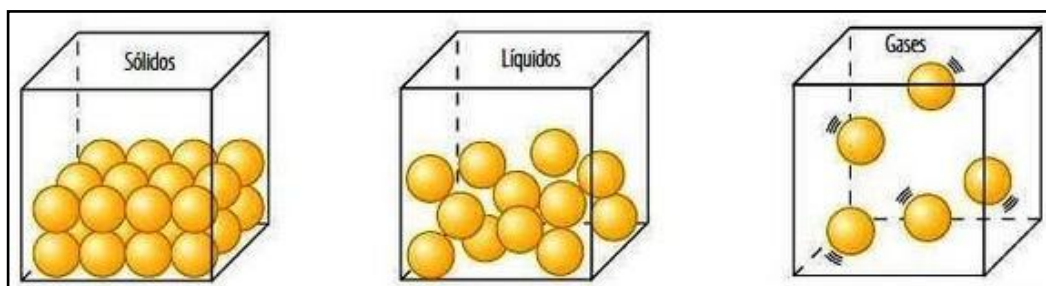


Figura 3.1. Dibujos representativos de los tres estados en los que se encuentra la materia. Adaptado de Cruz (2014).

Una posible respuesta podría ser que la materia posee menor *densidad* en el estado gaseoso “puesto que el número de partículas es menor”. Aunque la respuesta de la pregunta es correcta, si está referida a esa figura en particular, esa respuesta no es correcta si no se añade que nos referimos a un mismo receptáculo o *volumen*. Para no dar lugar a la inducción de este tipo de errores adicionales en el alumnado, el diseño de la imagen debe ser muy cuidadoso. En particular, en la Figura 3.1 todos los estados de agregación deberían contener el mismo número de partículas, para aportar una mejor imagen de lo que ocurre a nivel microscópico, en un cambio de estado de una misma porción de sustancia.

Con el objetivo de no propiciar en los estudiantes errores como el descrito, las preguntas del cuestionario se elaboraron insertando imágenes que queden solapadas con la información que proporciona el texto, aumentando la efectividad en la interpretación de las tareas. En definitiva, hemos pretendido que la imagen que forma parte de cada pregunta del instrumento cumpla las funciones de ser representativa, concretando más la información del texto; organizativa, haciendo el texto más coherente; e interpretativa, provocando que la lectura sea más comprensible (Carney y Levin, 2002). En este sentido creemos que ya hemos hecho una aportación original, mejorando las cuestiones que aportaba la literatura disponible.

Conviene señalar que existen ciertas preguntas, relacionadas con unidades o propiedades específicas de la materia, en las que no es pertinente insertar imágenes. Esto ocurre en el Cuestionario I (preguntas 2, 3 y 4), Cuestionario II (Pregunta 4) y Cuestionario V. Estas preguntas se consideran necesarias para realizar un estudio completo de las concepciones sobre los contenidos que nos ocupan en los alumnos.

En la Figura 3.2 se resumen los pasos seguidos en las dos primeras fases de esta etapa.

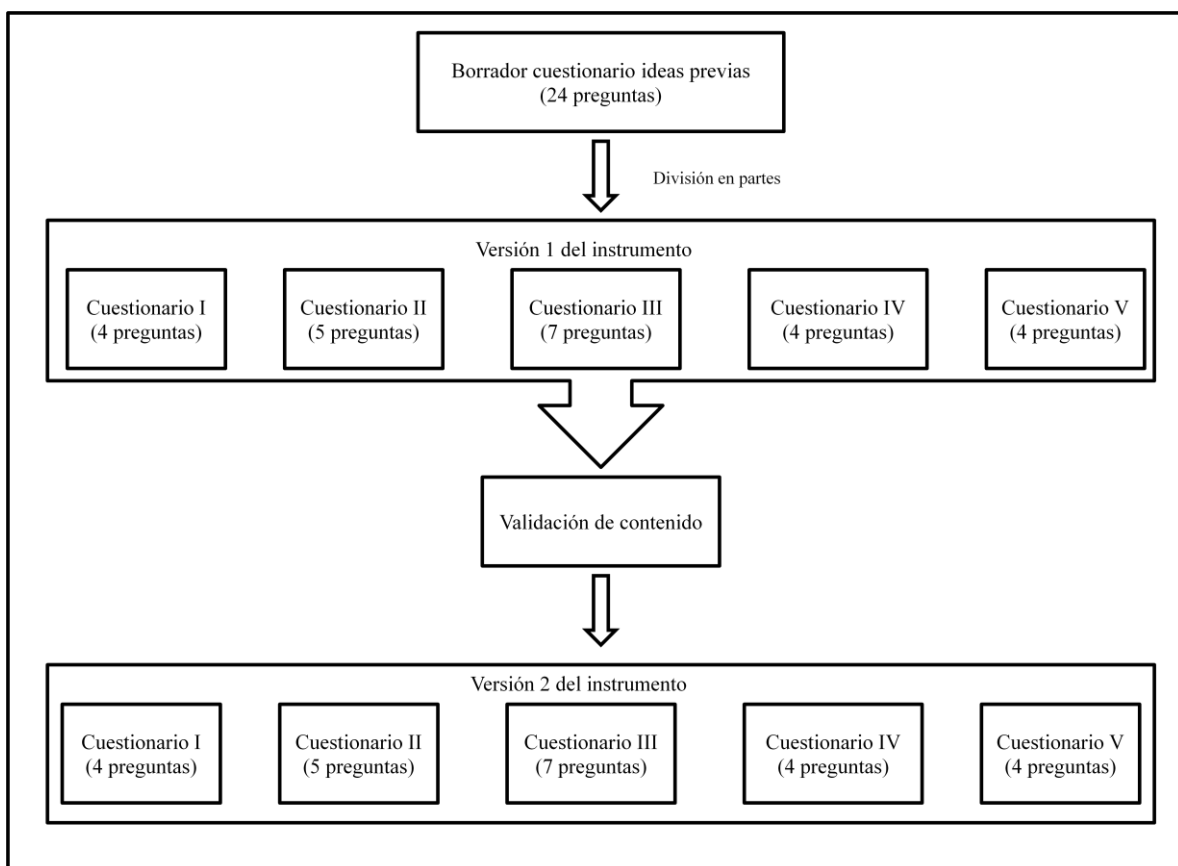


Figura 3.2. Organigrama que resume los pasos seguidos en las dos primeras fases de la primera etapa.

3.2.2. Aplicación de los cuestionarios

En esta fase se le pasó los cuestionarios ya corregidos (Versión 2) a la muestra de alumnos seleccionada. Cada cuestionario fue realizado por los estudiantes un día

distinto, concretamente, en semanas distintas, para evitar cansancio y desmotivación. Se comenzó con el Cuestionario I y se finalizó con el V, tomando como criterio el orden creciente de complejidad antes mencionado.

Cada estudiante dispuso de un tiempo de 20 minutos para la realización de los cuestionarios formados por cuatro o cinco preguntas y 30 minutos para el cuestionario de siete preguntas. Además, se les dio, por escrito y de forma oral, las instrucciones necesarias para su cumplimentación, agradeciéndoles la atención y colaboración recibida, tal y como aparece en el Anexo II (p. 286). En este anexo se pone como ejemplo el Cuestionario IV para mostrar la forma en la que se presentó este instrumento de recogida de información a los estudiantes. Este formato se repitió para cada uno de los cuestionarios Anexo I, cambiando únicamente el contenido de los mismos.

3.2.3. Elaboración y validación del instrumento para el análisis de la información

Descrito el instrumento de recogida de datos y la muestra a la que se aplicó el mismo, pasamos a describir el proceso de vaciado de los datos y análisis de la información obtenida.

La estructura del instrumento para el vaciado y análisis de los datos se inspiró en el trabajo realizado por Pérez Buendía (2013). Este instrumento consta de una serie de niveles o categorías que permiten la clasificación de los conocimientos de los estudiantes, dando lugar a una *matriz de valoración*. Esta matriz se utiliza para valorar el conocimiento que posee el estudiante, comparando la descripción de cada categoría con la respuesta ofrecida por el estudiante en la tarea realizada (Panadero, Alonso-Tapia y Huertas, 2012).

La descripción de las categorías se realizó, en una primera fase, por el autor de este trabajo considerando los niveles hipotéticos de aproximación a una respuesta adecuada y completa y, además, teniendo en cuenta la información de la que disponíamos de la literatura sobre las concepciones alternativas de los estudiantes sobre este tópico. El hecho de que en las respuestas a las preguntas se les pidiera

razonamiento complementario, se debe a la intención de detectar no solo las respuestas incorrectas, sino también las causas de esos errores que nos servirían para plantear nuestra propuesta de enseñanza alternativa.

Para mejorar la fiabilidad de este instrumento, pasados dos meses, el investigador revisó (en proceso intrajuez) el contenido de cada una de las categorías del instrumento, con la intención de depurar al máximo el contenido de las respuestas. En esta revisión la modificación afectó a un 25% de las preguntas del cuestionario (6 de 24). Seguidamente, dos profesores del Departamento de Física y Química del IES en el que se realizó la fase práctica de esta primera etapa aportaron algunas modificaciones, que afectaron a un 8% de las preguntas (2 de 24). Como se hizo a lo largo del todo el proyecto con los diversos instrumentos desarrollados, la aceptación de la versión definitiva se decidió por consenso de los expertos participantes.

Finalmente, tras la recogida de las respuestas del alumnado a las cuestiones planteadas, se procedió a una lectura de todas. Ello dio lugar a alguna nueva readaptación de los niveles en algunas cuestiones, por parte del investigador de este proyecto, que concernió a un 16% de ellas (4 de 24).

Estos procesos de revisión intrajuez e interjueces que llevamos a cabo durante este trabajo, en todos los instrumentos de investigación, consideramos son fundamentales para garantizar una fiabilidad suficiente a los mismos (Jonsson y Svingby, 2007).

La justificación del uso de este tipo de instrumento para clasificar el conocimiento de los estudiantes se debe a que:

- Aumenta la fiabilidad de la evaluación de una tarea, convirtiéndose en un instrumento para su mejora (Jonsson y Svingby, 2007).
- Permite al profesorado especificar al estudiante cuáles son los criterios por los que será evaluado en su tarea, permitiendo calificarlas de forma objetiva (Blanco, 2007).
- Es aplicable tanto a grupos grandes como pequeños de estudiantes, permitiendo a distintos profesores unificar sus criterios de calificación (Etxabe, Aranguren y Losada, 2011).

- Es útil en la elaboración de actividades de enseñanza-aprendizaje (Fernández, 2010).

La fortaleza de la fiabilidad de este instrumento de análisis radica en la comprobación exhaustiva y reiterada de la adecuación de cada respuesta a su categoría correspondiente.

Para la descripción de las características que presenta cada una de las categorías y así completar la matriz de valoración (Tabla 3.2) se utilizó el programa Rubistar (versión 2000-2008).

Tabla 3.2

Modelo de matriz de valoración

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

Adaptado de Pérez Buendía (2013).

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

Resultó de ayuda, para la redacción de los descriptores, la revisión de pruebas de evaluación de los estudiantes de cursos anteriores, relacionadas con diversos aspectos de la *densidad* (Mertler, 2001).

En el Anexo III (p. 287) aparecen las matrices de valoración para los distintos cuestionarios. De forma general, la categorización de los estudiantes en cada uno de estos niveles corresponde a respuestas con la siguiente descripción:

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

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

En la Figura 3.3 se muestran, de forma esquemática, los pasos seguidos en esta fase.

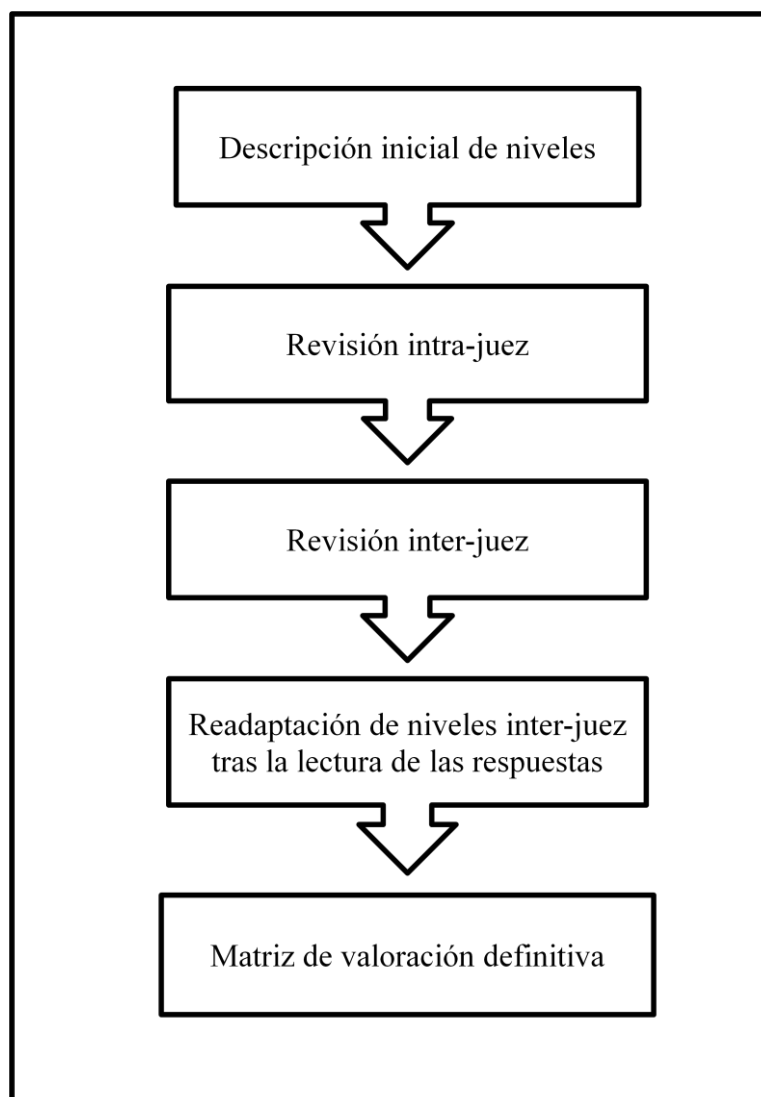


Figura 3.3. Pasos en la elaboración de la matriz de valoración.

3.2.4. Análisis de los resultados

Finalmente, utilizando los instrumentos de análisis de las respuestas ofrecidas por los estudiantes que se han descrito anteriormente, se procedió su estudio pormenorizado. Este estudio se presenta en el Capítulo 4.

En esta etapa el estadístico utilizado para el análisis de los resultados es de tipo descriptivo. Este análisis consiste en clasificar las respuestas de los estudiantes por niveles de conocimientos y realizar un estudio de las frecuencias, en forma de fraccionaria, de los distintos niveles para cada una de las preguntas de los cuestionarios. Las frecuencias se encuentran organizadas en tablas estadísticas, que son traducidas en gráficas estadísticas con el objetivo de conseguir mayor

facilidad en la lectura e interpretación de los datos. Además, como medida característica de centralización, utilizamos la media aritmética (en adelante valor promedio) del nivel de conocimiento alcanzado por pregunta para sintetizar y resumir el conjunto de datos obtenidos en las tablas y completar así el análisis.

Con el objeto de resumir las fases de esta etapa, se presenta la Figura 3.4.

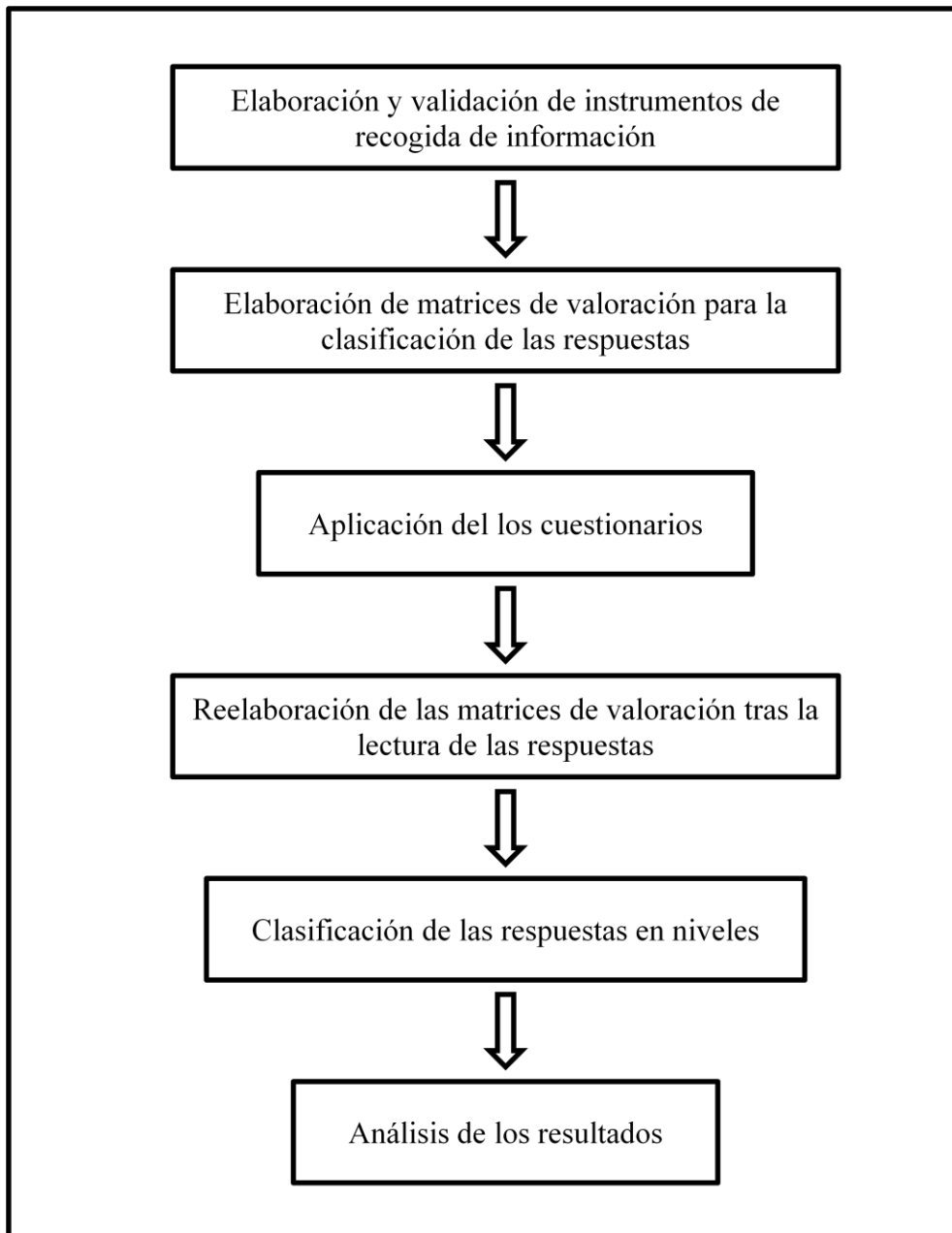


Figura 3.4. Estructura de la Etapa I.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA ETAPA I.

CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

4. RESULTADOS DE LA ETAPA I. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

Como indica Vílchez (2005) en su trabajo, conocer las concepciones alternativas de los estudiantes constituye el principio de una enseñanza que se oriente a la construcción de conocimientos. Así este capítulo contiene la presentación, análisis e interpretación de las ideas que poseen los estudiantes pertenecientes a la muestra de estudio, obtenidas de la aplicación del instrumento descrito anteriormente.

Recopilados los datos del total de la Muestra 1 a partir de los cinco cuestionarios de alumnos, se procedió a agrupar a estos en categorías o niveles según el conocimiento alcanzado. Es necesario señalar que, siempre que se hace referencia a un número alto o elevado de estudiantes en la descripción de los resultados, se quiere indicar que este número es superior a la mitad de la muestra participante en cada caso.

La exposición de los resultados sigue el mismo orden de la realización de los cuestionarios por parte de los estudiantes. Debido a que la recopilación de los datos tuvo lugar en diferentes días y, en concreto en diferentes semanas, la muestra clase no se encontraba siempre al completo. El número de la muestra (N) se indica, a continuación, en las tablas de clasificación de estudiantes por niveles de conocimiento. En estas tablas se expone la frecuencia de estudiantes que posee cada nivel de conocimiento (del 0 al 3) y, en la columna de la derecha, el nivel promedio de conocimiento alcanzado para cada una de las preguntas.

4.1. Cuestionario I: Conocimiento básico cotidiano

Para evaluar los conocimientos que tienen estos estudiantes de aspectos cotidianos relacionados con el *volumen*, la *masa* y la *densidad*, se les propone la realización de un cuestionario de cuatro preguntas. Estas preguntas tratan de saber qué capacidad de estimación de estas magnitudes tiene el alumnado de objetos conocidos y habituales en su vida diaria, qué conocimiento tiene de las unidades en las que se puede expresar la *densidad* y cómo utiliza la ecuación que relaciona la *masa* y el *volumen* ($d=m/V$) para identificar sustancias. En la Tabla 4.1 se presentan

los resultados obtenidos con cada una de las preguntas y, a modo de recordatorio, se señala el aspecto estudiado en cada una de ellas, para una muestra de 21 individuos.

Tabla 4.1

Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario I (N=21)

PREGUNTAS	CATEGORÍA				Nivel promedio
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
1. Masa y volumen de objetos	4	11	6	0	1,1
2. Densidades de sustancias cotidianas	3	5	2	11	2,0
3. Unidades de densidad	5	1	6	9	1,9
4. Identificación de sustancias aplicando la ecuación de la densidad	4	2	0	15	2,2

En la Figura 4.1 se puede tener una visión de conjunto de las diferencias entre los niveles para cada una de las preguntas.

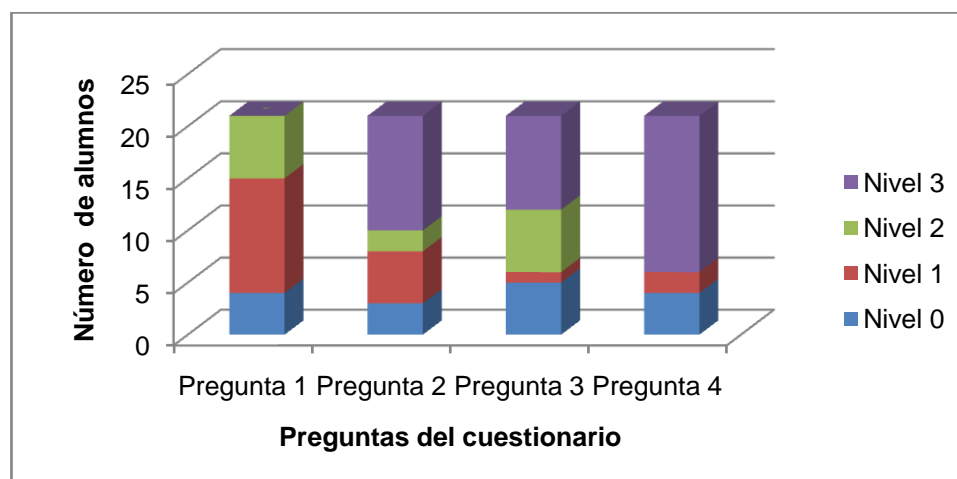


Figura 4.1. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario I.

Estos datos reflejan lo siguiente:

- Ninguno de los estudiantes evaluados tiene claro la *masa* y el *volumen*, de forma aproximada, para objetos presentes en su vida cotidiana; solo algunos (6/21) tienen una idea del orden de alguna de estas magnitudes.
- La mitad de estos, aproximadamente, conocen las densidades de sustancias cotidianas (11/21), mientras que otra parte confunde la *densidad* del agua con la del aceite (5/21) o incluso con la del aire (3/21). No existe una explicación clara para la confusión entre las densidades del agua y el aceite. Sin embargo, la confusión con la *densidad* del aire podría deberse a que algunos estudiantes tienen problemas en la identificación de unidades de algunas magnitudes. Al ser la *densidad* del aire 1.5 kg/m^3 , podrían confundirlo con la del agua, 1g/cm^3 , cuando no se expresa en unidades del SI.
- Muchos saben identificar las unidades en las que se puede expresar la *densidad* (9/21) o, al menos, saben qué unidades no corresponden a esta magnitud (6/21). Por otro lado, también existen casos (5/21) que no tienen nada claro la correspondencia de unidades. Este hecho sustentaría lo comentado en la cuestión anterior, el problema con la identificación de las unidades de algunas magnitudes.
- En lo referente a la identificación de sustancias mediante la relación *masa/volumen*, la mayoría de los estudiantes responden de forma correcta y razonada a la pregunta (15/21). Es cierto que, si bien podrían no tener claro qué representa la *densidad* en sí, la ecuación $d=m/V$ la han utilizado en la resolución de problemas numéricos en tercer curso.

Como ejemplo de respuestas para este cuestionario, mostramos las ofrecidas por el Estudiante 5 (Figura 4.2). Entre las respuestas a la Pregunta 1, llama la atención la *masa* asignada a una goma de borrar, 640 g, lo cual refleja la generalidad de resultados obtenidos a este respecto. Sin embargo, realiza la equivalencia entre el litro y el kilogramo, válida únicamente para el caso del agua pura, referida al brick de leche. En la segunda pregunta, no tiene claro que el agua tiene mayor *densidad* que el aceite, atribuyendo al agua la *densidad* del aceite y viceversa; aunque sí tiene claro las densidades de mercurio y oxígeno. En tercer lugar, parece existir asimilación de cuáles son las unidades que definen la *densidad* y, por último,

establece relaciones entre la *masa* y el *volumen* de una sustancia pero no la relaciona con la *densidad*.

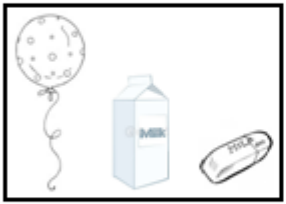
PREGUNTAS	RESPUESTAS									
<p>1. De acuerdo con tu experiencia, indica qué masa y volumen aproximados tendrá cada uno de los siguientes objetos:</p> 	<p>Globo → 10 gr / 50 50 cm³ Leche → 1 Kilo / 1 Litro Jabón → 640 gr / 15 15 cm³</p>									
<p>2. Intenta unir cada sustancia con su densidad.</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Agua</td> <td style="width: 50%;">1,5 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Mercurio</td> <td>13580 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Aceite</td> <td>920 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>1000 kg/m³</td> </tr> </table>	Agua	1,5 kg/m ³	Mercurio	13580 kg/m ³	Aceite	920 kg/m ³	Aire	1000 kg/m ³	<p>Mercurio → 13580 kg / m³ Aceite → 1000 kg / m³ Agua → 920 kg / m³ Oxígeno → 1,5 kg / cm³</p>	
Agua	1,5 kg/m ³									
Mercurio	13580 kg/m ³									
Aceite	920 kg/m ³									
Aire	1000 kg/m ³									
<p>3. Indica en cuál(es) de los siguientes casos se expresa una unidad de medida correcta para la densidad:</p> <p>a) kg/m³. → Es correcta b) m³/kg. → No es correcta c) g/l. → Es correcta d) ml/cm³. → No es correcta</p>										
<p>4. ¿Sabrías justificar, con los datos que proporciona la tabla, si los siguientes objetos están o no formado por la misma sustancia?</p> <table style="width: 100%; border: none; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Objeto</th> <th>Masa (g)</th> <th>Volumen (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>16</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>32</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Objeto	Masa (g)	Volumen (ml)	1	16	2	2	32	4	<p>Sí, porque al tener una masa de 16 g y un volumen de 2 ml, y en el objeto 2 esas cantidades se doblan, lo que da a deducir que está formado por la misma sustancia.</p>
Objeto	Masa (g)	Volumen (ml)								
1	16	2								
2	32	4								

Figura 4.2. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 5 a las preguntas del Cuestionario I.

De forma general, se podría señalar que los estudiantes que finalizan tercero no son capaces de estimar las magnitudes de *masa* y *volumen* de objetos cotidianos (alcanzando un nivel de conocimiento promedio de 1,1), pero sí asignan de forma correcta los valores de *densidad* a sustancias comunes cuando tienen que elegirlos de una lista. Además, saben acudir a la relación *masa/volumen* para la identificación de sustancias y conocen las unidades en las que se puede expresar la *densidad*. En estos casos el nivel de conocimiento promedio se sitúa en torno al 2.

4.2. Cuestionario II: Conservación de *volumen*, *masa*, y *densidad*

El cuestionario relativo a la conservación de ciertas propiedades de la materia (*volumen*, *masa* y *densidad*) lo realizó una muestra de 20 estudiantes. Las preguntas abarcan aspectos que tienen que ver con los cambios de forma de objetos sencillos, el cambio de estado de sólido a líquido (S-L) del agua y de sustancias distintas a ella, el cambio de estado de líquido a gas (L-G) del alcohol y la existencia de *masa* en los gases. Se hace una distinción entre el agua y otras sustancias en el cambio de estado S-L, debido a la propiedad anómala del agua de aumentar su *volumen* en estado sólido respecto al que tenía en su estado líquido. El cambio de estado L-G se estudia en el caso específico del alcohol, por ser esta una sustancia que se evapora con facilidad y es conocida para los estudiantes. Finalmente, se les pregunta por la existencia de *masa* en gases, puesto que hay cierta tendencia en el alumnado a creer que los gases no pesan porque no se ven (caso del aire).

Los resultados se presentan en la Tabla 4.2 y su comparativa en la Figura 4.3.

Tabla 4.2

Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario II (N=20)

PREGUNTAS	CATEGORÍA				Nivel promedio
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
1. Cambios de forma	7	12	0	1	0,8
2. Cambios de estado S-L del agua	9	5	4	2	1,0
3. Cambios de estado S-L de sustancias distintas al agua	12	4	4	0	0,6
4. Cambios de estado L-G	3	2	6	9	2,1
5. <i>Masa</i> de los gases	7	2	1	10	1,7

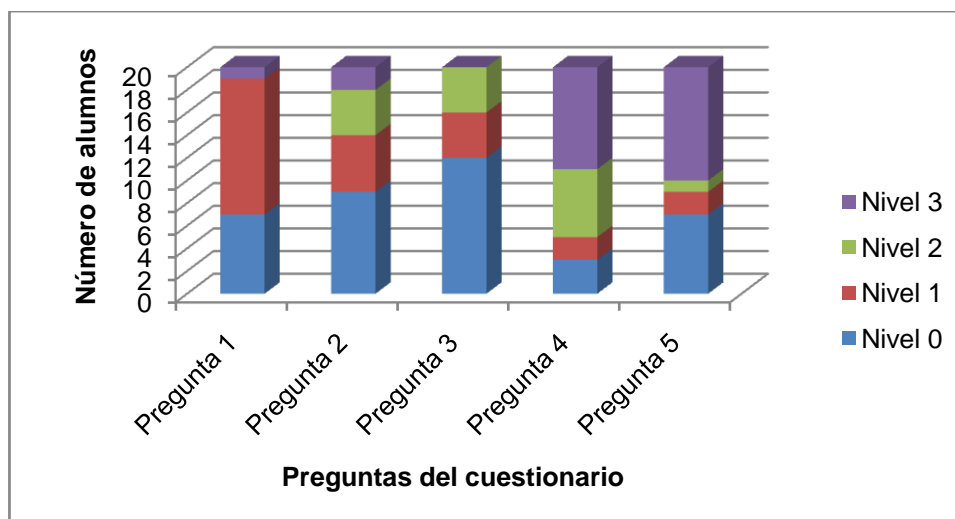


Figura 4.3. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario II.

Los resultados muestran que:

- Una parte de estos estudiantes (7/20) no saben que la *masa*, el *volumen* y la *densidad* de un objeto no cambian ante un cambio en la forma del mismo. Si bien, la mayoría (12/20) reconoce que al menos “la *densidad* permanece constante”. Se podría deducir de estos resultados que los estudiantes reconocen el carácter específico de la *densidad* y el carácter general de la *masa* y del *volumen*.
- No conocen la propiedad anómala del agua de disminuir su *volumen* y aumentar su *densidad* al pasar de estado sólido a líquido. Solo algunos de los individuos (4/20) tienen claro que la *densidad* aumenta y otros (2/20) que, además, disminuye su *volumen*. Aunque a todos les habrá ocurrido que han metido una botella llena de agua en el congelador y les reventó, no relacionan este hecho cotidiano con la situación planteada.
- La falta de conocimiento de esta propiedad del agua se confirma con la Pregunta 3, donde se expone la misma situación para el caso del aceite. La mayoría de los estudiantes (12/20) no cambiarían su respuesta en cuanto a la variación del *volumen*, la *masa*, y la *densidad* para el aceite.
- Muchos razonan (9/20) que “en la evaporación de una sustancia contenida en un recipiente cerrado se conserva la *masa* del recipiente, pues lo único que ocurrió fue un cambio de estado, sin salida de materia

al exterior”. Otros, responden correctamente, pero sin razonar la respuesta (6/20).

- La mitad del alumnado (10/20) manifiesta que “un globo disminuye su *masa* al vaciar su contenido de aire”. En esta última pregunta, es llamativo el número de estudiantes que se encuentran en el extremo contrario (Nivel 0), indicando que la “*masa* del globo no varía” o que aumenta (7/20). Al observar el globo vacío, las paredes del globo están más cercanas y este hecho les podría dar la sensación que el globo pesa más.

Algunas de las respuestas a las que nos referimos con anterioridad podemos observarlas en la Figura 4.4, con el Estudiante 12. Tratándose de la misma sustancia, razona que, “aunque la *masa* y la *densidad* permanecen constantes en un cambio de forma, su *volumen* varía” (Pregunta 1), asociando el cambio de *volumen* al cambio de forma. Tiene claro también la conservación de la *masa* en los cambios de estado sólido-líquido (Pregunta 2), y el aumento de la *densidad* del agua en estado líquido. Sin embargo, mantiene la idea de un aumento del *volumen* en este cambio. Lo cual implica que, no solo no tiene claro el caso anómalo del agua sino que, además, tampoco tiene asimilado la relación $d=m/V$, puesto que si d aumenta y m se mantiene constante, esto implicará que V tiene que disminuir. La Pregunta 3 confirma el desconocimiento del caso anómalo del agua, al sostener que la situación sería la misma cuando cambiamos agua por aceite. Asimismo, detectamos que este estudiante cree que el aceite tiene mayor *densidad* que el agua, posiblemente por confundir *densidad* con *viscosidad*. Por otro lado, la idea de conservación de la *masa* ante un cambio de estado sólido-líquido no se mantiene cuando el cambio es líquido-gas (Pregunta 4). Por último, la Pregunta 5 nos revela varias concepciones alternativas. En primer lugar, la idea de que un globo lleno de aire tiene menos *masa* que un globo vacío. Y, en segundo lugar, la percepción de que *masa* y *peso* son lo mismo.

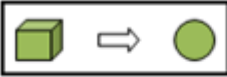

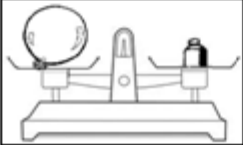
PREGUNTAS	RESPUESTAS
<p>1. Se moldea un trozo de plastilina que, inicialmente tenía forma de cubo, a una forma esférica. ¿Qué propiedades variarán y cuáles no de las siguientes?: masa, volumen y densidad.</p> 	<p>Varia volumen, porque cambia su forma y el espacio que ocupa, masa y densidad no varía porque el peso seguirá siendo el mismo.</p>
<p>2. Ponemos un cubito de hielo en el platillo de una balanza. ¿Qué ocurrirá con la masa, el volumen y la densidad del agua obtenida una vez derretido el cubito de hielo? Justifica la respuesta.</p> 	<p>Tendremos mas Aumenta porque se hará líquido y mas densidad, la masa seguirá siendo la misma</p>
<p>3. Si el cubito de hielo de la pregunta anterior fuera de aceite en lugar de agua, ¿cambiarían las respuestas a dicha pregunta?</p>	<p>No porque es igual, lo único que el aceite tiene mas densidad que el agua</p>
<p>4. Pesamos un recipiente cerrado con alcohol, dejamos evaporar y volvemos a pesar ¿qué ocurrirá con la masa?</p>	<p>Pesara Disminuye porque se evapora el agua y se queda el alcohol</p>
<p>5. Observa la situación planteada en el siguiente dibujo. ¿Qué ocurriría si colocáramos el mismo globo pero desinflado?</p> 	<p>Tendría mas masa, porque al estar inflado tiene mas peso.</p>

Figura 4.4. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 12 a las preguntas del Cuestionario II.

En resumen, podemos decir que, estos estudiantes no conocen el comportamiento anómalo del agua, que permite justificar fenómenos como la *flotación* de los hielos polares en el mar. Únicamente aquellos fenómenos relacionados con los cambios de estado o el conocimiento de la existencia de la *masa*, en el caso de los gases, alcanzan un nivel de conocimiento que ronda el 2.

4.3. Cuestionario III: Relación entre *densidad* y grado de compactación de la materia

Este cuestionario lo realizaron 21 estudiantes del total de la muestra. Los aspectos abarcan la relación de la *densidad* con el grado de unión de las partículas en los distintos estados de agregación de la materia (sólido, líquido y gas), con la *masa* de distintas sustancias (sólidas y líquidas) de igual *volumen*; y con el *volumen* de porciones de igual *masa*, de líquidos diferentes. También incluye la influencia que tiene la temperatura en el cambio de *volumen* que experimentan los gases.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.3 y se representan en la Figura 4.5.

Tabla 4.3

Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario III (N=21)

PREGUNTAS	CATEGORÍA				Nivel promedio
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
1. Compactación en sólidos	2	2	0	17	2,5
2. Compactación en líquidos	3	5	2	11	2,0
3. <i>Densidad</i> y estado de agregación de una sustancia	5	2	6	8	1,8
4. Relación <i>masa</i> (o <i>peso</i>) - <i>densidad</i> en sólidos	5	1	2	13	2,1
5. Relación <i>masa</i> - <i>densidad</i> en líquidos	4	3	5	9	1,9
6. Relación <i>volumen</i> - <i>densidad</i> en líquidos	11	1	5	4	1,1
7. Temperatura y <i>volumen</i> en gases	10	0	8	3	1,2

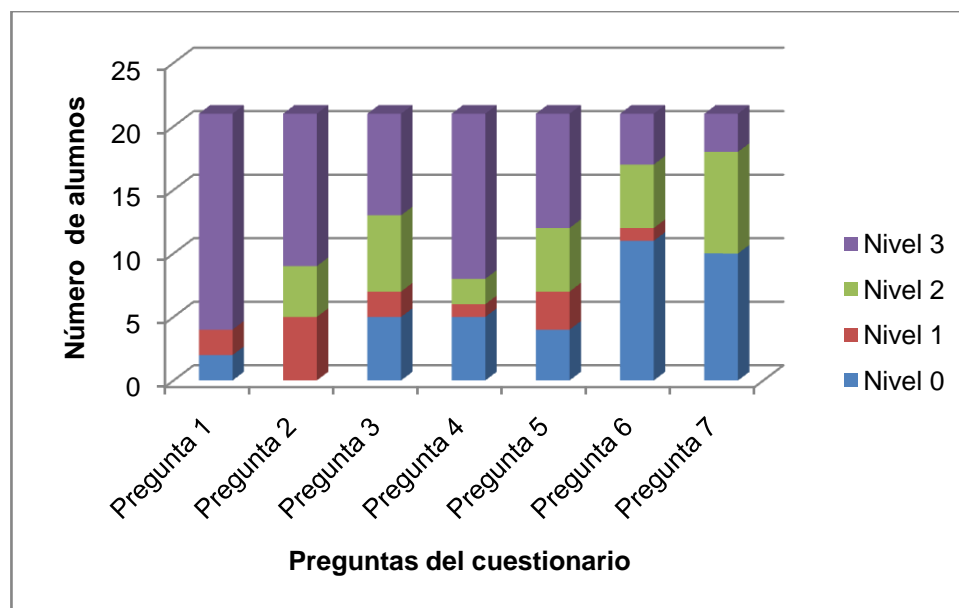


Figura 4.5. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario III.

Estos resultados indican que:

- La mayoría de los alumnos evaluados (17/21) conocen y justifican la compactación de sólidos en términos de su relación *masa/volumen* o *densidad*. Es decir, relacionan lo denso con lo compacto.
- En el caso de la compactación de líquidos los resultados del nivel más elevado bajan, debido a que existen estudiantes (5/21) que indican necesitar más información sobre las densidades del agua y el aceite para poder responder. Otros relacionan *viscosidad* con *densidad* y asignan mayor *densidad* al aceite, aspecto que estudiaremos más adelante.
- Se observa que la mayoría de los alumnos se encuentran en los niveles superiores en la Cuestión 3, de forma que son pocos los estudiantes que tengan dificultades al relacionar la *densidad* y compactación de la materia en sus diferentes estados. Si bien, es cierto que el reparto entre los niveles es más homogéneo, disminuyendo el número de estudiantes en el Nivel 3 y aumentando en el Nivel 0. Esto podría ser consecuencia de manejar ejemplos en los que aparecen gases, aumentando la dificultad en la comprensión de estos fenómenos.
- Las preguntas 4 y 5, que versan sobre la relación *masa (peso)-densidad* en sólidos y líquidos, respectivamente, presentan resultados dispares. En el caso de los sólidos, esta relación es utilizada para la explicación

correcta de la cuestión por un mayor número de estudiantes (13/21) que en el caso de los líquidos (9/21). Aunque el número de estudiantes situados en el Nivel 2 de la Pregunta 4 (2/21) es menor que en la Pregunta 5 (5/21). Estos resultados muestran que no son capaces de aplicar por igual un mismo aspecto a sólidos y a líquidos. Sí que identifican los objetos más pesados con los más densos, que es lo intuitivo. Quedaría la reserva de si se han percatado de que eso se cumple en los ejemplos propuestos porque están comparando casos en los que el *volumen* es el mismo. Sin embargo los resultados de la Cuestión 1 parecen avalar que entienden la relación.

- Para el caso específico de la relación *volumen-densidad* en líquidos (Cuestión 6), los resultados empeoran, como lo demuestra el hecho que 11/21 estudiantes se encuentren en el Nivel 0 de conocimiento y solo 4/21 en el Nivel 3. Esto podría estar justificado por el hecho de ser la *densidad* inversamente proporcional al *volumen*. Esta relación inversa dificulta la comprensión entre la relación de estas dos magnitudes, que lleva a la obtención de un nivel de conocimiento promedio por parte de los estudiantes que supera levemente el valor 1.

- Los malos resultados de la Pregunta 6 se extienden a la Pregunta 7, al preguntar al alumnado por la influencia de la *temperatura* en el *volumen* de los gases, y el nivel de conocimiento promedio alcanzado es muy similar. Frente a los 10/21 estudiantes del Nivel 0, se encuentran 3/21 en el Nivel 3. El caso de los gases es un mundo aparte para los estudiantes. Quizás la teoría cinética de los gases se debería impartir relacionando mejor fenómenos y su interpretación, estableciendo puentes entre la descripción microscópica y las propiedades macroscópicas de este estado de agregación.

Hemos querido seleccionar las respuestas del Estudiantes 21 (Figura 4.6), por el alto grado de coherencia que presentan. En ellas se observa que tiene perfectamente asimilado la relación $d=m/V$, la cual utiliza para basar el razonamiento de sus respuestas. Además, conoce cuál es el comportamiento de los gases con la *temperatura* (Pregunta 7).

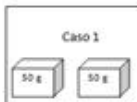
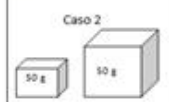
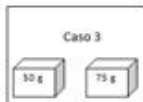
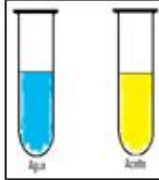















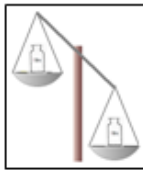













PREGUNTAS	RESPUESTAS								
<p>1. Justifica, en cada caso, si los cubos están hechos del mismo material o son de materiales distintos:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Caso 1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Caso 2</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Caso 3</p>  </div> </div>	<p>1) Los materiales son los mismos, por que tienen la misma densidad 2 y 3 son diferentes materiales porque tienen diferente densidad.</p>								
<p>2. ¿Podrías decir, razonadamente, cuál de los tubos de ensayo contiene más masa de líquido?</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>El agua es más densa, por lo que posee más masa en el mismo volumen</p> </div> </div>								
<p>3. En las figuras se representan los tres estados de una sustancia. ¿Sabrías justificar en cuál de los tres casos es mayor la densidad de esta sustancia?</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Gas</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Líquido</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Sólido</p> </div> </div> <p>En estado sólido, porque, con la misma masa, ocupa menos volumen.</p>								
PREGUNTAS	RESPUESTAS								
<p>4. Imagínate que tienes estas cuatro llaves de igual forma y tamaño pero fabricadas con materiales distintos. ¿Sabrías decir cuál es la menos pesada y por qué?</p>	<p>La menos pesada sería aquella con menor densidad, porque con el mismo volumen, tiene menos masa.</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;"> Llave de oro d= 7,19 g/ml </td> <td style="padding: 5px;"> Llave de hierro d= 7,87 g/ml </td> <td style="padding: 5px;"> Llave de titanio d= 4,51 g/ml </td> <td style="padding: 5px;"> Llave de cobre d= 8,4 g/ml </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Llave de oro d= 7,19 g/ml	Llave de hierro d= 7,87 g/ml	Llave de titanio d= 4,51 g/ml	Llave de cobre d= 8,4 g/ml					<p>Es posible, si el líquido que está abajo es menos más denso que el que está arriba</p>
Llave de oro d= 7,19 g/ml	Llave de hierro d= 7,87 g/ml	Llave de titanio d= 4,51 g/ml	Llave de cobre d= 8,4 g/ml						
									
<p>5. Razona si sería posible la siguiente situación, sabiendo que el volumen de ambos recipientes es un litro:</p>									
<p>6. En el laboratorio nos hemos encontrado con cuatro botellas que tienen la misma masa, y diferente volumen pero las etiquetas no las tiene pegadas. ¿Podrías unir cada botella con su etiqueta?</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Etiqueta A d=0,5 g/ml</td> <td style="padding: 5px;">Etiqueta B d=2,1 g/ml</td> <td style="padding: 5px;">Etiqueta C d=1,3 g/ml</td> <td style="padding: 5px;">Etiqueta D d=0,5 g/ml</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>a= 1,3 g/ml b= 0,8 g/ml c= 2,1 g/ml d= 0,5 g/ml</p>	Etiqueta A d=0,5 g/ml	Etiqueta B d=2,1 g/ml	Etiqueta C d=1,3 g/ml	Etiqueta D d=0,5 g/ml				
Etiqueta A d=0,5 g/ml	Etiqueta B d=2,1 g/ml	Etiqueta C d=1,3 g/ml	Etiqueta D d=0,5 g/ml						
									
<p>7. ¿Podrías justificar el cambio de tamaño que experimenta el globo?</p>	<p>Imagino que el contenido del globo es un gas, que cuando se calienta, es menos denso y al enfriarse, es más denso (características de los gases)</p>								
									

Figura 4.6. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 21 a las preguntas del Cuestionario III.

Sin embargo, las respuestas ofrecidas por el Estudiante 21 no se corresponden con la situación que nos encontramos, en general, en las aulas. Resumiendo los resultados obtenidos, observamos que siguen presentando dificultades para diferenciar las densidades del agua y del aceite. Respecto a la relación entre *densidad* y grado de compactación de la materia, parece que los resultados son mejores, sobre todo para el caso de los sólidos, aunque siguen asociando los objetos más pesado con los más densos. Por último, el comportamiento de los gases es algo que se aleja del conocimiento asimilado por los estudiantes.

4.4. Cuestionario IV: *Volumen* desalojado por un sólido sumergido en un líquido y *flotación*

Este cuestionario lo realizó la muestra clase al completo (24 individuos). Aunque está formado por cuatro preguntas, la primera de ellas se divide en dos apartados relacionados con el mismo aspecto a evaluar (*volumen* desalojado de un sólido al sumergirlo en un líquido). El Apartado *a* corresponde a sondear que la *masa* o el *peso* no influyen en el *volumen* de agua desalojado por un objeto en inmersión. El Apartado *b* pretende averiguar si creen que la profundidad de inmersión, cuando el objeto está completamente sumergido, puede afectar al *volumen* de fluido desalojado. Además, también se tratan tanto la flotabilidad de un cuerpo en líquidos de distintas densidades, como la flotabilidad, en un mismo líquido, de cuerpos de diferentes densidades. Por último, se pretende conocer si estos estudiantes tienen claro el fenómeno de la flotabilidad de un submarino, como cuerpo que varía su *densidad* media para cambiar la *flotación* en un líquido. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4

Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario IV (N=24)

PREGUNTAS	CATEGORÍA				Nivel promedio
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
1. a) <i>Volumen desalojado frente a peso</i>	2	14	3	5	1,5
1. b) <i>Volumen desalojado frente a profundidad de inmersión</i>	2	9	9	4	1,6
2. <i>Sólidos con distinta densidad</i>	1	8	2	13	2,1
3. <i>Líquidos con distinta densidad</i>	0	3	1	20	2,7
4. <i>Sólidos con cambio de densidad</i>	14	4	3	3	0,8

Estos mismos resultados quedan representados gráficamente en la Figura 4.7.

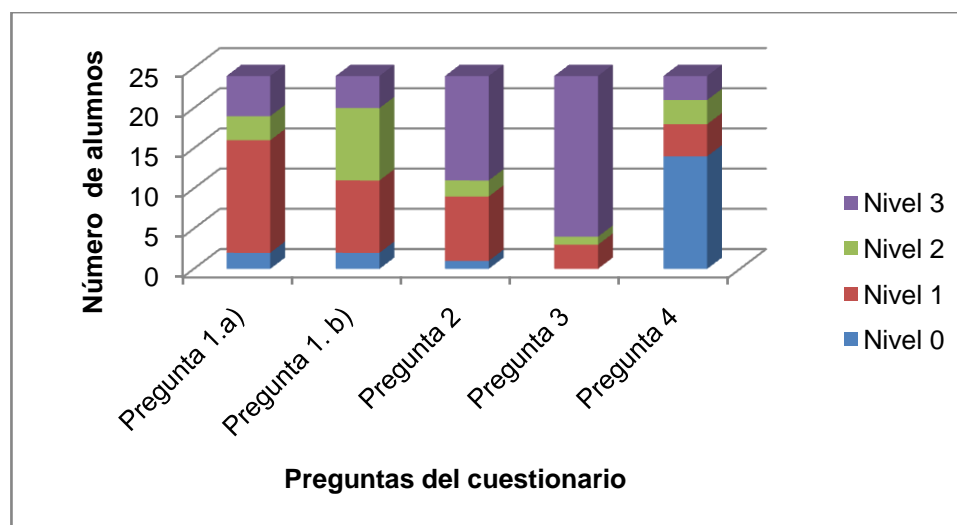


Figura 4.7. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario IV.

Los datos nos indican que:

- La mayoría de los estudiantes objeto de estudio (14/24) relacionan el *volumen* de líquido desalojado por un sólido en inmersión con el *peso* o la *masa* de este, afirmando que “la esfera de hierro, debido a su *peso*,

desplazará un mayor *volumen* que el resto”. Por otro lado, también un gran número de estudiantes (9/24) están convencidos que “el *volumen* de líquido desplazado aumenta con la profundidad a la que se sumerge el sólido”. El primer hecho se podría interpretar como una indisociación entre los conceptos de *masa* y *volumen* de los cuerpos, y saber que la *masa* es la cantidad de materia y el *volumen* el espacio ocupado. En la segunda parte, se confirma el desconocimiento del concepto de *volumen* de un cuerpo, a la hora de relacionarlo con el *volumen* de fluido desalojado cuando se encuentra en inmersión.

- Un tercio de los estudiantes (8/24) no entienden el fenómeno por el cual diferentes sólidos pueden flotar o hundirse en un líquido, justificando la situación planteada mediante el uso de conceptos distintos a la *densidad*, como el *peso* o la *masa* de los cuerpos. Afirman que “si pesa poco flota y si pesa mucho se hunde”. Sin embargo, más de la mitad de la muestra (13/24) sabe explicar, adecuadamente, la situación planteada, identificando la diferencia de densidades como causa principal de la *flotación* o hundimiento de los cuerpos.

- Parece ser que los alumnos pueden explicar mejor la *flotación* de los cuerpos, utilizando como causa principal la *densidad*, cuando es un mismo cuerpo el que se sumerge en líquidos distintos (20/24 estudiantes situados en el Nivel 3).

- Una aplicación práctica directa del concepto de *flotación* sería la explicación del funcionamiento de un submarino en sus maniobras de subir a la superficie y sumergirse en el fondo del mar. Un gran número de estudiantes (14/24, en el Nivel 0) no vislumbran las causas de este fenómeno. Este alumnado, en el mejor de los casos, acude al término *presión*. Si bien es cierto, que los submarinos y, cualquier cuerpo que esté inmerso en un líquido, experimentan mayor *presión* cuando se encuentran sumergidos que cuando emergen a la superficie de este, debido a la *masa* de agua que se encuentra por encima de ellos. Ideas relativas a la diferencia en la cantidad de aire o de *peso* son utilizadas en otros casos para la explicación del fenómeno (4/24 en el Nivel 1). Solo algunos (3/24) justifican la situación planteada como causa de la “variación de *densidad* que experimenta el submarino” (Nivel 3). La idea que relaciona la *flotación*

con el peso de los cuerpos sigue siendo un obstáculo en la comprensión de ciertos fenómenos por parte del alumnado.

En contraste con los niveles alcanzados por los estudiantes del grupo, se muestran las respuestas proporcionadas por el Estudiante 13 (Figura 4.8). Se observa que tiene asimilado el concepto *densidad* para explicar los fenómenos de *flotación*, incluso en la situación del submarino, como objeto capaz de variar su *densidad* media para modificar su estado de inmersión.

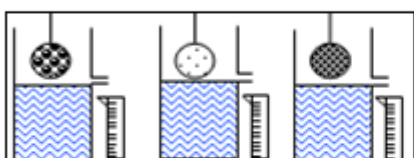
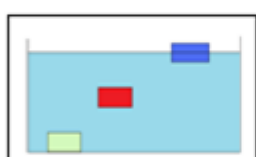


PREGUNTAS	RESPUESTAS
<p>1. a) Considera tres esferas de igual forma y volumen, pero de materiales diferentes (plástico, aluminio y hierro) para que tengan distinto peso, si mides el agua desplazada por inmersión completa ¿en qué caso se desplazará más agua?</p> <p>b) ¿Cambiará el volumen de agua desplazada si una vez sumergido el objeto se baja a más profundidad?</p> 	<p>Subiría todo el mismo nivel de agua, ya que tienen el mismo volumen.</p> <p>Si se cubren</p> <p>No, no cambiaría, ya que el volumen del objeto es el mismo.</p>
<p>2. ¿Qué diferencias habrá entre las propiedades de los tres objetos que se encuentran en este recipiente con agua?</p> 	<p>La densidad, la cual depende menos sea, más flote el objto, siendo las dos por debajo del nivel del agua de una densidad mayor.</p>
<p>3. ¿A qué se deberá la situación de la figura en la que se observa un mismo sólido en recipientes con líquidos distintos?</p> 	<p>A que la densidad del primer líquido es menor que la del sólido y la del 2º líquido es mayor.</p>
<p>4. ¿Cómo justificarias la situación de cada submarino?</p> 	<p>Es cuando este por debajo de agua se aumenta la densidad del interior del submarino para que sea superior a la del agua.</p>

Figura 4.8. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 13 a las preguntas del Cuestionario IV.

En definitiva, de los diferentes aspectos estudiados, los resultados muestran que el fenómeno de *flotación*, abordado en las cuestiones 2 y 3, es el que mejor interpretan los estudiantes de la muestra, como se puede observar en los niveles de conocimiento promedio alcanzados por estos (2,1 y 2,7, respectivamente). Sin embargo, estos niveles se sitúan por debajo del 1 para el caso de sólidos que son capaces de modificar su *densidad* media.

4.5. Cuestionario V: Especificidad de la *densidad*

Este último cuestionario fue realizado por 21 individuos de la muestra total. Trata de estudiar cuáles son los conocimientos que poseen los estudiantes en relación al carácter específico de la *densidad*. Para ello, las preguntas abarcan los aspectos de las propiedades generales y específicas de las sustancias, la independencia *masa-densidad* de sustancias y la diferenciación entre *densidad* y *viscosidad*.

Los resultados aparecen en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5

Número de estudiantes clasificados por niveles en el Cuestionario V (N=21)

PREGUNTAS	CATEGORÍA				Nivel promedio
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
1. Propiedades específicas de las sustancias (I)	1	6	8	4	1,6
2. Propiedades específicas de las sustancias (II)	6	5	3	5	1,2
3. Independencia de la <i>densidad</i> con la <i>masa</i>	11	1	0	7	1,0
4. Diferencia entre <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i>	9	4	5	1	0,8

En la Figura 4.9 se expone la representación gráfica de estos resultados.

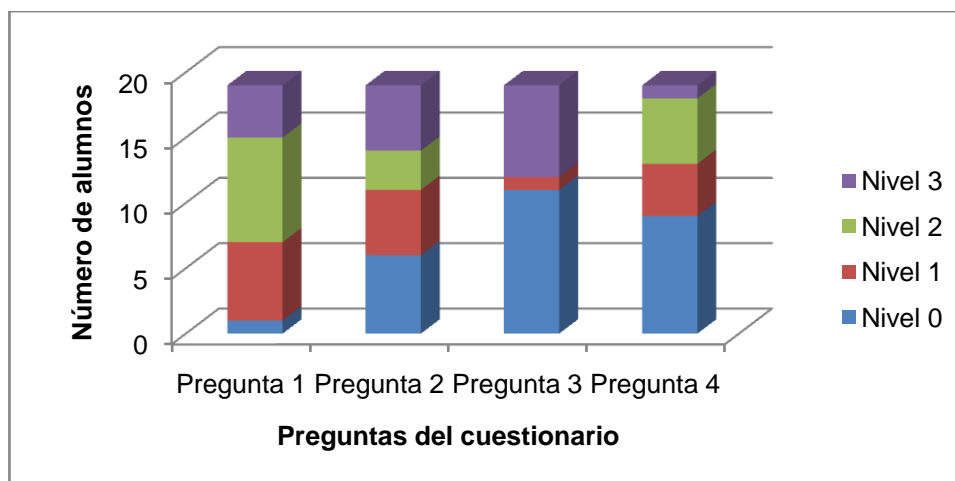


Figura 4.9. Número de alumnos que se encuentran en cada nivel en la realización del Cuestionario V.

Los resultados indican que:

- Un amplio número de individuos (8/21) afirman que “mediante la observación del comportamiento de estas sustancias al disolverlas en agua, podría comprobar si son o no sustancias distintas”. Solamente 4/21 ven en el cálculo de la *densidad* un método para su identificación. La revisión del método científico y el estudio de los métodos de separación de sustancias parecen tener cierta influencia en las respuestas de los alumnos.
- La pregunta relativa a la identificación de propiedades generales y específicas de las sustancias, presenta una distribución de alumnos en categorías más homogénea que en los demás casos. Esto indica que no está del todo clara esta clasificación para más de la mitad de la muestra.
- Completando dicha interpretación, encontramos que en la Pregunta 3, 11/21 creen que la *densidad* depende de la cantidad de materia, mientras que en el otro extremo se sitúan los que opinan que son totalmente independientes (7/21), por tratarse de una propiedad intensiva.
- Finalmente, la mayoría de estudiantes (13/21, entre los niveles 0 y 1) utilizan indistintamente los conceptos de *densidad* y *viscosidad* como si se tratara de la misma propiedad de la materia. Es necesario comentar aquí que, el estudio de la *viscosidad* o de fenómenos relacionados con ella, no es frecuente en tercer curso de ESO y, por tanto, no le llamó la atención al

investigador los malos resultados obtenidos en las respuestas a esta pregunta.

En la Figura 4.10, se muestran las respuestas ofrecidas por el Estudiante 10 a este cuestionario. En la Pregunta 1 el estudiante propone “diluir las sustancias en agua” y acude a la *flotación* para diferenciarlas. Aunque existen errores en el razonamiento, puesto que si un sólido se diluye en un líquido ya no flotaría, vislumbra la *densidad* como propiedad que ayudaría a su diferenciación. Las respuestas revelan que el estudiante ha asimilado que la *densidad* es una propiedad específica que ayuda a distinguir unas sustancias de otras, si bien indica que es una propiedad que no varía con la *temperatura* (Pregunta 4). Tampoco indica, en esta última pregunta, que la *viscosidad* es una magnitud independiente de la *densidad*.

PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. Tenemos dos sustancias en forma de polvo y de color blanco. ¿Qué crees que haría un científico para comprobar si son o no sustancias distintas?	Mezurarlas con agua para ver si se diluyen o no en ella, o se una se queda más arriba que otra debido a su diferente densidad.
2. De las siguientes propiedades que tiene la materia, indica cuáles pueden ser iguales y cuáles no, cuando se trata de distintas sustancias, uniendo mediante flechas. Masa Densidad Punto de fusión Volumen Temperatura	Masa - Igual Densidad - Distinta Punto de fusión - Distinta Volumen - Igual Temperatura - Igual
3. Entre una moneda y media moneda, razona cuál tiene más densidad.	Tienen la misma densidad, porque están hechas de un mismo material y cada material tiene su densidad correspondiente.
4. Indica si hay algún error en la siguiente afirmación: “El aceite es tan denso que hay que calentarlo para aumentar su viscosidad”	El aceite tiene muy poca densidad comparado con otros materiales como el agua. Además, la densidad seguir siendo la misma.

Figura 4.10. Respuestas ofrecidas por el Estudiante 10 a las preguntas del Cuestionario V.

En definitiva, los resultados del grupo revelan que no hay una completa asimilación de la *densidad* como propiedad específica, que ayude a discernir unas

sustancias puras de otras, ni tampoco de cuáles son las propiedades específicas de la materia y cuáles las generales. Por último, no tienen claro cuál es la diferencia entre *viscosidad* y *densidad*.

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA. ETAPA II

5. METODOLOGÍA. ETAPA II

Seguidamente, se presentará la metodología seguida para el análisis de los libros de texto de tercer curso de ESO (LOE) y segundo curso (LOMCE). Como se indicó en el Capítulo 2, de objetivos, la pregunta amplia de investigación trata de averiguar:

¿Qué tratamiento hacen los libros de texto de segundo (LOMCE) y tercero (LOE) respecto a los conceptos de *volumen*, *masa* y *densidad*?

Esta pregunta se traduce en las siguientes preguntas específicas de investigación:

1. ¿Muestran ejemplos sobre el *volumen*, la *masa* y la *densidad* de objetos presentes en la vida cotidiana y de sus unidades más comunes?
2. ¿Explican qué propiedades permanecen inalterables frente a los cambios de estado o de forma de la materia?
3. ¿Indican cómo varía la *densidad* con el grado de compactación de la materia?
4. ¿Explican de qué depende el *volumen* desalojado por un sólido inmerso en un líquido y el fenómeno de *flotación* de cuerpos?
5. ¿Destacan la importancia del carácter específico de la *densidad* en todos sus aspectos?

5.1. Muestra de textos analizada

Con el objetivo de realizar el análisis, se han revisado 12 libros de texto de tercer curso de ESO editados bajo las directrices de la LOE y, posteriormente, 5 libros de segundo curso que siguen las directrices de la LOMCE, elegidos de forma aleatoria (Anexo IV, p. 293). Los libros están codificados alfabéticamente de la *A* a la *L* y para distinguir aquellas editoriales que se han analizado tanto en LOE como en LOMCE, se han marcado con la misma referencia alfabética pero añadiendo la letra *a*, para tercero (LOE) y *b*, para segundo curso (LOMCE). Por tanto no se ha seguido ningún procedimiento específico para su muestreo.

La tabla del Anexo IV, está basada en los trabajos de Díaz y Pandiella (2007) y Martín et al. (2013) y, en ella, se indican las características de los textos analizados

(referencia asignada al libro, editorial, año de edición, título de la unidad analizada y apartado o subapartado donde aparece de forma específica los contenidos relacionados con la *densidad*). Debido a que la ubicación que cada tipo de contenido tenga dentro de la unidad didáctica puede ser un indicador de la importancia que se le dé al mismo (García-Carmona y Criado, 2008), nos hemos centrado en mostrar en esta tabla la unidad principal donde aparece la *densidad* (nexo de unión entre el *volumen* y la *masa*). El resto de partes del texto analizadas no se muestran en la tabla puesto que el objetivo de esta es conocer la importancia que las editoriales le dan al tratamiento de la *densidad*, y no mostrar todas las unidades analizadas en los textos. Dentro de cada unidad, se ha analizado la parte teórica y también los ejercicios y experiencias propuestas.

5.2. Fases de la etapa y temporalización

Esta parte del trabajo de investigación se llevó a cabo durante los meses de marzo a junio de 2015. Como ya comentamos con anterioridad, el análisis de los textos LOMCE se realizó a posteriori, cuando dispusimos de ellos y, por tanto, no influyeron en la Etapa III de esta investigación.

5.2.1. Elaboración y validación de un protocolo de análisis de textos

En este protocolo se desarrolla un análisis de contenido, de tipo descriptivo, que intenta detectar cuáles son los aspectos mejorables en los libros de texto que utilizamos en el sistema educativo español en relación al tratamiento del *volumen*, la *masa* y la *densidad*. Para la elaboración y validación del protocolo de análisis utilizado se siguió el proceso que se describe en las líneas que siguen.

En primer lugar, el autor de este trabajo elaboró un primer borrador del protocolo de análisis, basado en la bibliografía que se menciona a continuación:

- La estructura principal del instrumento de análisis, en el cual se indica la frecuencia de libros en los que aparece el aspecto concreto de la *densidad*, está basado en el trabajo de Cortés (2006).

- La redacción y presentación de las preguntas del instrumento siguen las directrices de Furió-Gómez et al. (2006).
- La tabla en la que se muestran los datos de los libros de texto analizados (editorial, año de edición y título de la unidad analizada) está basada en los trabajos de Díaz y Pandiella (2007) y Martín et al. (2013).

Estos trabajos presentan protocolos ya validados sobre la forma de analizar determinados conceptos científicos en los libros de texto, como la *energía*, la *permeabilidad*, la *electricidad* o la *inducción electromagnética*. Así, se siguieron unas directrices de análisis muy similares a la de estos trabajos.

En cuanto al contenido del instrumento, está formado por una serie de ítems basados en los cinco cuestionarios de diagnóstico de partida pasados a estudiantes que finalizan tercer curso de ESO, sobre las ideas que poseen estos en relación a diferentes aspectos de las propiedades elementales de la materia.

Posteriormente, la validación de expertos interjueces fue llevada a cabo por dos componentes del Departamento de Física y Química pertenecientes al IES donde el investigador realiza su labor docente. En este proceso se revisó, de manera exhaustiva, que los bloques de contenidos a evaluar en los textos y sus ítems respectivos (18 en total) comprendieran un buen barrido de los aspectos que se consideraba que los textos deberían atender, (para contribuir al aprendizaje significativo y anticipándose a posibles concepciones alternativas). En esta validación se modificó un 11% de los ítems (2 de 18). 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 (Anexo V, p. 294). La heterogeneidad en el número de ítems de cada bloque tiene que ver con la diversa complejidad de los aspectos a los que se refiere (Tabla 5.1). Se trata, por tanto, de establecer una relación entre las ideas de los alumnos expresadas en los cuestionarios y la forma en la que estos aspectos se presentan en los libros de texto.

Tabla 5.1

Relación entre ítems y cuestionario de alumnos

Ítem, análisis textos	Cuestionario	
	Estudiantes (bloques)	Aspecto estudiado
1 a 6	I	Conocimiento básico cotidiano
7 a 9	II	Conservación de <i>masa</i> , <i>volumen</i> y <i>densidad</i>
10 a 12	III	Relación entre <i>densidad</i> y grado de compactación de la materia
13 a 15	IV	<i>Volumen</i> desalojado por un sólido al sumergirse en un líquido y <i>flotación</i>
16 a 18	V	Especificidad de la <i>densidad</i>

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 tercero 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 hacen, si de forma cualitativa previamente o si se pasa directamente a traducir la expresión matemática a palabras. También si se hace alguna referencia a la diferencia con la *masa*, el *peso* y/o la *viscosidad*. Se trata de saber si los textos intentan abordar esas ideas, incluida la tendencia a asociar el *peso* con el *volumen* (aún cuando comparen objetos de diferentes materiales).

Serway y Jewett (2008) y Young y Freedman (2009) realizan, según nuestro criterio, un buen tratamiento de estos conceptos. Aunque se trate de textos universitarios, introducen con detalle la *densidad*. Definen de manera simple la *densidad* de una sustancia como su *masa* por unidad de *volumen*, y ofrecen una tabla con algunas de las densidades de las sustancias más comunes expresadas en unidades del SI. Posteriormente, presentan explicaciones aclaratorias del concepto mediante distintos tipos de ejemplificaciones.

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

Se trata de saber si el libro de texto contiene referencias a materiales de uso cotidiano, como la fibra de carbono (muy utilizada en la industria aeronáutica y automovilística, al igual que en barcos y en bicicletas); a materiales de *densidad* cercana a la del agua (aceite, 920 kg/m; o madera, 900 kg/m³); o, por ejemplo, a la *densidad* ósea del cuerpo humano (que se encuentra entre 1700 y 2500 kg/m³). 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 unidades más usadas de ciertas magnitudes y las que pertenecen al SI. En numerosas ocasiones las unidades SI no son las más usadas en la vida diaria, como ocurre con la *temperatura* que se suele expresar en °C (K en el SI) o la *presión atmosférica* que es común expresarla en atm (en vez de usar el Pa, que es la unidad en el SI).

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

Los cambios de unidades mediante factor de conversión no siempre resulta sencillo 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, para pasar de km/h a m/s, o viceversa, y, en nuestro caso, el cambio de unidades de *masa/volumen*. Sería oportuno, por tanto, que estos cambios de unidades aparecieran.

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 habituales 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 explicita 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 su estado no cambie, o no cambien sus condiciones de *presión* y *temperatura*. Que justifiquen esta importancia, como 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. También, en otros casos, que inviten al estudiante a su deducción a través de la teoría cinética, explicando cómo se encuentran unidas las partículas que componen las sustancias en sus distintos estados.

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 a 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. *¿Aparecen ejemplos gráficos de sólidos con distinta densidad? En caso afirmativo, ¿de qué forma?*

11. *¿Aparecen ejemplos gráficos de líquidos con distinta densidad? En caso afirmativo, ¿de qué forma?*

Ocurre, en ocasiones, que fenómenos no planteados en la introducción teórica de los conceptos aparecen en la resolución de actividades. Podría ser este el caso, donde se le propone al estudiante que compare la *densidad* de distintos tipos de sólidos, por ejemplo dos bloques de igual *volumen*, uno hecho de paja y otro de hierro, para justificar la gran diferencia de *masa* entre ambos. O, en el caso de líquidos, las enormes diferencias entre el agua y el mercurio.

12. *¿Aparecen explicaciones sobre las propiedades de los gases que varían con la temperatura? En caso afirmativo, ¿cuáles y de qué forma?*

La variación del *volumen* y la *presión* de los gases con la *temperatura* suele aparecer, según nos indica nuestra experiencia, para justificar la teoría cinética y/o las leyes de Charles y Gay-Lussac. Con este ítem pretendemos, además, encontrar

referencias a la variación de la *densidad*, que explica fenómenos de nuestra vida diaria como las corrientes de convección del aire en la Tierra.

Bloque IV

13. *¿Aparecen ejemplos de la dependencia del volumen desplazado por un sólido al sumergirlo en un líquido? ¿Cuáles? ¿Advierten de las concepciones alternativas asociadas?*

Este fenómeno es clave para la comprensión en cuarto curso del principio de Arquímedes. De forma teórica o mediante actividades sería conveniente el estudio de esta situación. Una experiencia que está relacionada con este aspecto sería la famosa historia de la corona del rey Hieron, pues sabemos que esta historia como objetivo final justifica la identificación de sustancias puras a través de la *densidad*. Sin embargo, Slisko (2005) señala que los libros de texto españoles presentan grandes deficiencias al respecto, resultando la más llamativa “la falta de claridad conceptual y el escaso o ausente apoyo visual al procedimiento experimental que forma parte del razonamiento en que se basa la solución” (Slisko, 2005, p. 365). Nuestro objetivo en este caso no será analizar si en los libros aparece la experiencia de la corona, suficientemente estudiada por este autor, sino observar de forma específica algún tratamiento del *volumen* que desplaza un sólido al sumergirlo en su totalidad en un líquido. Aunque en la mayoría de los textos se presenta la medida de volúmenes de sólidos irregulares mediante este procedimiento, será importante saber si anticipan e intentan evitar los errores más frecuentes que suelen cometer los estudiantes.

14. *¿Se ejemplifica la flotación de sólidos en líquidos? ¿Cómo?*

El estudio de la *flotación* de sólidos en líquidos, de forma general, se puede abordar mediante la inmersión de un mismo sólido en líquidos de distinta *densidad* o de sólidos distintos en un mismo líquido. Aquí podría referenciarse la diferente porción de sólido sumergido y, poner como ejemplo, el motivo por el que flotamos mejor en agua de mar que en agua dulce (Young y Freedman, 2009) o bien mostrar cómo son los aerómetros para medir densidades de líquidos.

15. *¿Se explicita de alguna forma la posibilidad de flotación mediante la variación de la densidad media de un cuerpo? ¿Cómo?*

Una situación más compleja es la aplicación del concepto *densidad* a objetos capaces de variar su *densidad* media, como es el caso de la vejiga natatoria de los peces o de un submarino. En el caso de los peces, los textos pueden hacer referencia a que su *flotación* se debe a una cavidad llena de gas dentro de su cuerpo, haciendo que la *densidad* media del pez se iguale a la del agua (Young y Freedman, 2009).

Los estudiantes podrían no saber ofrecer una justificación correcta de este fenómeno si antes no lo han tratado.

Bloque V

16. *¿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.

17. *¿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 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*.

18. *¿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* que en la vida cotidiana se confunden, si los textos no abordan esa idea previa.

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 decimos que es *densa*, en lugar de utilizar correctamente la palabra *viscosa*. 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.

En ambos casos, creemos que la realización de actividades experimentales en la que se pongan de manifiesto la relación entre los conceptos mencionados, podría ser una posible solución a estas dificultades.

En el Capítulo 6 se presentarán y analizarán los resultados obtenidos tras la aplicación de los instrumentos metodológicos previstos.

5.2.2. Aplicación del protocolo de análisis en los textos

La recogida de la información de los aspectos mencionados con anterioridad fue realizada por el autor del presente trabajo. Se trataba de verificar presencia o ausencia de los aspectos señalados y, aunque no se hallaron dificultades en la aplicación del protocolo, la información obtenida fue contrastada intrajuez por el autor del trabajo dos meses después de la primera aplicación. En este proceso se modificó información de un 17% de los ítems (3 de 18). Posteriormente, con el objetivo de asegurar la fiabilidad de la información recabada, se consensuó la asignación de algunas categorías que presentaron dudas con la directora del trabajo, sin que hubiera muchas discrepancias dignas de mención.

5.2.3. Análisis de los resultados

El análisis de los resultados obtenidos procedentes de esta recopilación de información fue realizado siguiendo las pautas de los trabajos de Criado (2000) y Mazzitelli et al. (2005), verificando la presencia o ausencia de los aspectos señalados y destacando la ausencia de dificultades en la aplicación del protocolo.

En esta etapa, al igual que ocurriera con la Etapa I, el estadístico utilizado para el análisis de los resultados es de tipo descriptivo. En este caso, realizamos un estudio de las frecuencias, en forma fraccionaria, en la que los distintos contenidos aparecen en los textos que componen la muestra. A diferencia de la Etapa I, únicamente se utilizan tablas de frecuencias estadísticas y prescindimos de los gráficos y medidas de centralización, pues no consideramos viable su aplicación en esta etapa del estudio.

Este análisis se expone en el capítulo siguiente.

A modo de resumen, en la Figura 5.1 se muestra la estructura de esta etapa.

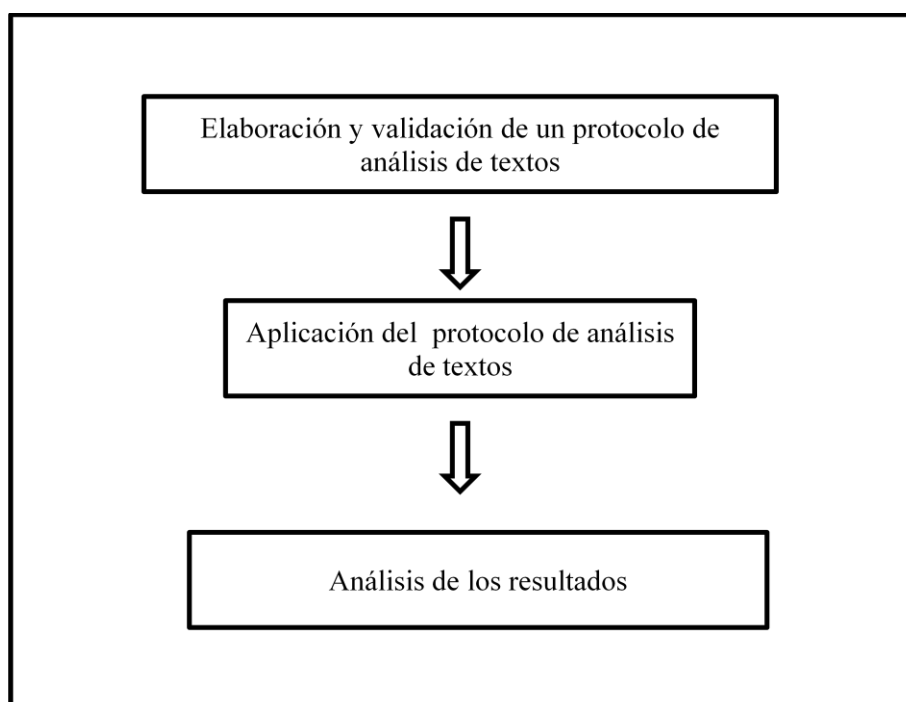


Figura 5.1. Estructura de la Etapa II.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS DE LA ETAPA II. ANÁLISIS DE TEXTOS

6. RESULTADOS DE LA ETAPA II. ANÁLISIS DE TEXTOS

En el capítulo anterior se describió la estrategia de análisis realizada en los libros de texto de segundo y tercer curso de ESO, que consta de 18 ítems relacionados con los conocimientos evaluados en los cinco cuestionarios de diagnóstico de partida de los alumnos. Los resultados de la frecuencia con la que cada aspecto buscado aparece en los 17 textos analizados se muestran a continuación en cinco tablas (6.1 a 6.5). 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) donde hemos encontrado estos aspectos. Estimamos necesario diferenciar entre la frecuencia encontrada en los libros LOE y la que pertenece a los libros LOMCE, con el objetivo de establecer una comparativa entre ambos tipos de textos señalando aquellos aspectos que hayan experimentado algún tipo de mejora. La estructura del análisis de los resultados está basada en el trabajo de Criado (2000).

6.1. Relacionados con el Bloque I

La primera parte del análisis está dedicada al estudio de la aparición de ejemplos cotidianos relacionados con las propiedades elementales de la materia. Los resultados de los ítems analizados se muestran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1

Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque I

Ítems	F	
	N=12	N=5
1. ¿Aparecen ejemplos sobre la <i>masa</i> y/o el <i>volumen</i> de objetos y materiales cotidianos? En caso afirmativo, ¿cuáles?		
Si: E, Ha, Ka, Lb	3	1
<i>Masa</i> Coche, billete, pelo: E 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 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		
<i>Volumen</i> Tetrabrik: Ka		
No: A, Ba, Bb, C, Da, Db, F, G, Hb, I, J, Kb, La	9	4
2. ¿Aparece la definición de <i>densidad</i> de forma directa, como un cociente, sin introducción cualitativa previa? Si no es así, ¿cómo aparece?		
Sí: Ba, Bb, Da, Db, F, G, Ha, Hb, J, K, La	8	3
No: A, C, E, I, Kb, Lb	4	2
Compara materiales de igual <i>volumen</i> y distinta <i>masa</i> y materiales de igual <i>masa</i> y distinto volumen, sin aparecer la definición de <i>densidad</i> , únicamente la expresión matemática: A La <i>densidad</i> aparece como justificación que dos cuerpos distintos con el mismo <i>volumen</i> no tengan la misma <i>masa</i> : C Introduce la definición tras ejemplificar la <i>flotación</i> de nenúfares en agua: E No se trata la <i>densidad</i> como tal. Aparece únicamente en las actividades finales, planteando la práctica de <i>flotación</i> de un huevo en agua: I Se introduce mediante la comparación de masas de dos volúmenes iguales de hielo y de acero: Kb Aunque aparece primero la definición, en la misma página se ponen ejemplos de la <i>densidad</i> 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		

Tabla 6.1

Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque I (Continuación)

Ítems	F	
	N=12	N=5
3. ¿Se ponen ejemplos de valores de densidades de sustancias cotidianas? ¿Cuáles?		
Si: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, J, Ka, Kb, La, Lb		
<p><i>Sólidos</i></p> <p>Aluminio: E, F, Da, G, J, Ka, Kb Aspirina: E Silicona: E Hierro: Ba, Bb, C, Da, F, G, J, Ka, Kb Plata: A, Kb Cobre: A, F, Ka, Kb Níquel: A Madera: Bb, E, G, Ka, Kb Mármol: C, Ka Estaño: D, G, J Sal común: G Acero: Ha, J, Kb Magnesio: J Porexpan: G Hormigón: Kb Latón: 11b Oro: A, Ba, E, Ha, Ka, Kb, La</p> <p>Caucho: J Cinc: J Diamante: Ka Vidrio: Ka, Kb Granito: Ka Cuerpo humano: Ka, Kb Hielo: Ka, Kb Platino: Kb Corcho: Da, Ka, Kb Plomo: Ba, Bb, F, Ka, Kb</p> <p><i>Líquidos</i></p> <p>Gasolina: E, Ha, Hb, Ka Acetona: E, Ka Leche: I, Ka Glicerina: G, Ka, Kb Agua: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, Ka, Kb, La, Lb Aceite: C, Da, E, F, G, Ha, Hb, J, Ka, Kb</p> <p>Alcohol/etanol: Ba, Bb, D, Ha, Hb, La, Lb Mercurio: A, Ba, Bb, Da, Db, E, F, G, Ka, Kb Benceno: A, G, Kb Ácido sulfúrico: Ka Ácido nítrico: Ka Ácido clorhídrico: Ka</p> <p><i>Gases</i></p> <p>Aire: Ka Nitrógeno: A Oxígeno: A, Ka, Kb Hidrógeno F, Ka Monóxido de carbono: A Dióxido de carbono: Ba, Bb, F, G, Ka, Kb Aire: C, E, F, Kb Butano: A, F, Ka, Kb Helio: Ha, Hb</p>	11	5
No: I	1	0
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?		
Si: Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, J, Ka, Kb, La, Lb	9	5
g/cm ³ : C, Da, Db, E, F, G, Ka, Kb, La, Lb mg/cm ³ , kg/cm ³ : Da g/ml: Bb, E, Ha, Hb, J kg/l: F g/l: C, Hb		
No: A, Ba, I	3	0
5. ¿Se muestran ejemplos de cómo realizar cambios de unidades de densidad?		
Si: Ba, Bb, Da, F, G, Ha, Hb	5	2
No: A, C, Db, E, I, J, Ka, Kb, La, Lb	7	3
6. ¿Aparecen ejemplos de cálculo de densidades de sustancias?		
Sí: Ba, Bb, Da, Db, E, F, G, J, Kb, La, Lb	7	4
No: A, C, Ha, Hb, I, Ka	5	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, siendo los más comunes 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, como puede observarse en la tabla, siendo las más frecuentes las del dióxido de carbono, el aire y el butano. Sin embargo, no aparecen los valores de las densidades de materiales de posible interés para los alumnos, como la diferente *densidad* ósea entre hombres y mujeres o la de nuevos materiales como la fibra de carbono o el grafeno.

- En cuanto a las unidades en la 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 el 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 LOMCE respecto a los de LOE, persistiendo las deficiencias relacionadas con ejemplos cotidianos sobre el *volumen* y la *masa*.

6.2. Relacionados con el Bloque II

En la Tabla 6.2 se exponen los resultados asociados con la posibilidad de conservación de la *masa*, el *volumen* y la *densidad* de las sustancias, frente a determinados cambios.

Tabla 6.2

Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque II

Ítems	F	
	N=12	N=5
7. ¿Se explicita las propiedades que permanecen constantes en los cambios de forma de las sustancias?		
Si: Kb	0	1
Justifica qué le ocurre al volumen, la <i>masa</i> y la <i>densidad</i> 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	12	5
8. ¿Se justifica el cambio de <i>densidad</i> para los estados sólido, líquido y gas para una misma sustancia? En caso afirmativo, ¿de qué forma?		
Si: A, Bb, E, Hb, I, J, Ka, Kb, Lb	5	4
Se explica el caso anómalo del agua: A, Bb, E		
Justifica que al calentar un cuerpo aumenta su <i>volumen</i> y, por tanto, disminuye su <i>densidad</i> : E		
Señala que los sólidos tienen elevada <i>densidad</i> 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 <i>densidad</i> 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	7	1
9. ¿Aparecen ejemplos o explicaciones en torno al hecho de que los gases también tienen alguna de las propiedades: <i>masa</i>, <i>volumen</i> y <i>densidad</i>? En caso afirmativo, ¿Cuáles de ellas?		
Si: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, J, Ka, Kb, La, Lb	12	5
<i>Masa:</i> Da, Kb, Lb		
<i>Masa</i> y <i>volumen</i> , al explicar las propiedades de los distintos estados de agregación de la materia: A, F		
<i>Volumen</i> , al explicar las propiedades de los distintos estados de agregación de la materia: Ba, Bb, C, Da, Db, E, G, Ha, J, Kb, La, Lb		
<i>Volumen</i> y <i>densidad</i> , al explicar las propiedades de los distintos estados de agregación de la materia: Hb, I, Ka		
No:	0	0

Los resultados de este análisis indican que:

- No se presenta en ningún texto LOE las propiedades que permanecen constantes cuando una sustancia cambia de forma y, únicamente un texto LOMCE ha incluido la variación que presenta el *volumen*, la *masa* y la *densidad* en los cambios de estado de las sustancias, diferenciándose de su predecesor. El desarrollo y ejemplificación de la distinta *densidad* que presentan las sustancias dependiendo del estado en el que se encuentren, ha experimentado una notable mejora con la entrada en vigor de la nueva ley. Pocos libros tratan el caso anómalo del agua. Ello contribuye a que crean que la congelación del agua y el aumento

consiguiente de *volumen* es la situación más frecuente, en vez de considerar su carácter anómalo.

- Para el ejemplo concreto de los gases, en todos los textos se menciona el *volumen* como una de sus propiedades medibles. Sin embargo, pocos hacen referencia a la *densidad* (2/12, en LOE; 1/5, en LOMCE) o a la *masa* (3/12, en LOE; 2/5 en LOMCE), contribuyendo a que algunos estudiantes creen que los gases “carecen de *masa (peso)*”.

En este caso, no se observa una gran mejora de los aspectos a los que se refiere este ítem con la llegada de la LOMCE.

6.3. Relacionados con el Bloque III

Los ítems analizados, en este caso, fundamentados en la relación entre *densidad* y grado de compactación de la materia, aparecen en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3

Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque III

Ítems	F	
	N=12	N=5
10. ¿Aparecen ejemplos gráficos de sólidos con distinta densidad? En caso afirmativo, ¿de qué forma? Si: A, C, Hb, Ka, Kb Explicación de la <i>densidad</i> comparando la madera con una esponja o una esfera de hierro con otra de madera: A, C Comparación de la <i>densidad</i> de cilindros de latón, hierro y aluminio; actividades propuestas con esferas de aluminio y madera: Hb Se explica que una lámina de corcho no se hunde en agua y una de metal sí, debido a la mayor <i>densidad</i> del metal respecto al agua: Ka Hielo frente a acero y tapón de corcho frente a tornillo de metal: Kb No: Ba, Bb, Da, Db, E, F, G, Ha, I, J, La, 12b	3	2
11. ¿Aparecen ejemplos gráficos de líquidos con distinta densidad? En caso afirmativo, ¿de qué forma? Si: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, J, Ka, Kb, La, Lb Aparece únicamente una foto en la que se observa aceite flotando en agua: C, J Se propone la experiencia de observar líquidos de distinta <i>densidad</i> en un vaso: E Se comparan las densidades del aceite y del mercurio: G Se explica la decantación mediante la separación de aceite y agua: Ba, Bb, C, Da, Db, E, G, Ha, Hb, I, Ka, Kb, La, Lb; tetracloruro de carbono y agua: A; o extracción de yodo con hexano: F Comparación de las densidades de la leche y el aceite mediante una actividad, en la que se pide la <i>masa</i> para un mismo <i>volumen</i> de cada sustancia: K No:	9	3
12. ¿Aparecen explicaciones sobre las propiedades de los gases que varían con la temperatura? En caso afirmativo, ¿cuáles y de qué forma? Si: A, Ba, Bb, C, D, E, F, Ha, Hb, I, J, Ka, Kb, La, Lb El <i>volumen</i> y la presión, mediante la justificación con la teoría cinética y/o las leyes de Charles y Gay-Lussac: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, Ha, Hb, I, J, Ka, Kb, La, Lb El <i>volumen</i> y la <i>densidad</i> , mediante ejemplificación con un globo aerostático: Ba El volumen, al proponer la experiencia de meter una botella de agua llena hasta la mitad en el frigorífico y luego sacarla, observando el achatamiento producido: Ka El volumen, al explicar la contracción y dilatación de los gases con la temperatura: Kb No: G	12	5
	0	0
	11	5
	1	0

Y los resultados obtenidos señalan que:

- En el caso de los sólidos, suelen ser pocos los textos en los que aparecen ejemplos que comparen sustancias de distinta *densidad* (3/12, en LOE), mejorando algo este aspecto con la llegada de la LOMCE. Aún así, consideramos imprescindible la implicación del profesorado para complementar las explicaciones acerca de la diferencia de *densidad* en sólidos que se ejemplifica en los textos.

- En el caso de los líquidos, todos los textos citan ejemplos (siempre gráficos) de sustancias de distinta *densidad*, debido a que en unidades posteriores se describe la decantación como método de separación de mezclas heterogéneas. En la separación de sustancias líquidas de distinta *densidad* mediante el método de decantación, la mayoría de los textos se limitan a ejemplificar la separación de agua y aceite. Ninguno aprovecha para mostrar otros ejemplos, interesantes a nuestro parecer, como la decantación en la depuración del agua o en la fabricación de aceites esenciales.

- La variación del *volumen* y de la presión de los gases con la temperatura aparece en todos los textos (8/12, en LOE; 5/5 en LOMCE), a raíz de la necesidad de introducir estos conceptos para la exposición de la teoría cinética de los gases, así como las leyes de Charles y Gay-Lussac, pero solo el Libro B (edición LOE) aborda el grado de compactación de los gases con la temperatura, mediante ejemplificación con un globo aerostático. Desconocemos si es otro de los aspectos elementales que también se considera ya superado para la mayoría de las editoriales. La concreción de la variación del *volumen* con la temperatura únicamente se desarrolla de forma específica en el Libro K, aunque se presenta de forma distinta dependiendo de la edición que tomemos.

En los resultados obtenidos para este bloque, solamente creemos necesario destacar una mayor ejemplificación gráfica con la llegada de la LOMCE que facilita la comprensión del grado de compactación de la materia por parte de los estudiantes.

6.4. Relacionados con el Bloque IV

En la Tabla 6.4 se encuentra el análisis relativo a la dependencia del *volumen* desalojado por un sólido al sumergirlo completamente en un líquido a la *flotación* de cuerpos.

Tabla 6.4

Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque IV

Ítems	F	
	N=12	N=5
13. a) ¿Aparecen ejemplos de la dependencia del volumen desplazado por un sólido al sumergirlo en un líquido? ¿Cuáles?		
Sí: Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, J, Kb, La, Lb	9	5
Se mide el <i>volumen</i> de líquido que desplaza un sólido al sumergirlo en una probeta		
con líquido: Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, J, Kb, La, Lb		
No: A, I, Ka	3	0
b) ¿Advierten de las concepciones alternativas asociadas?		
Si:	0	0
No: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, J, Ka, Kb, La, Lb	12	5
14. ¿Se ejemplifica la flotación de sólidos en líquidos? ¿Cómo?		
Si: Bb, Da, Db, E, G, Hb, I, Ka, Kb, Lb	5	5
Un corcho flotando en agua: Da, Hb, Ka, Kb		
Hojas de nenúfar en agua: E		
Hielo y cuerpo humano en agua: G		
Hielo en agua: Kb		
Huevo en agua: I, Db		
Cuerpo humano en agua: Bb, Lb		
<i>Flotación</i> de hielo en agua frente al hundimiento de aceite sólido en aceite líquido: Bb		
No: A, Ba, C, F, Ha, J, La	7	0
15. ¿Se explicita de alguna forma la posibilidad de flotación mediante la variación de la densidad media de un cuerpo? ¿Cómo?		
Si:	0	0
No: A, Ba, Bb, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, J, Ka, Kb, La, Lb	12	5

Este análisis indica que:

- En la mayoría de los textos LOE (9/12 de LOE y 5/5 LOMCE) se explica cómo se mide el *volumen* de un sólido irregular a partir de su inmersión total en una probeta con agua. Pero, no aparece en ninguno de los textos que este *volumen* desalojado es independiente de la profundidad a la que se encuentre el sólido (totalmente cubierto), ni se advierte de que no depende del *peso* del objeto. Por ello se repite siempre esa conocida actividad experimental bajo una premisa (el alumnado sabe que el *volumen* de líquido desplazado es el *volumen* del sólido), que es falsa, ya que muchos estudiantes interpretan esa experiencia de acuerdo con sus concepciones alternativas.
- En lo referente a la *flotación* de sólidos en líquidos y su justificación mediante la *densidad*, consideramos que los textos han evolucionado positivamente en su desarrollo. Sin embargo, siguen sin ejemplificar la

flotación mediante la variación de la *densidad* relativa, como el caso del submarino o de la vejiga natatoria de los peces.

Por tanto, aunque la propuesta de ejemplos de *flotación* sólidos en líquidos ha mejorado en algunas editoriales al pasar de una ley a la siguiente, no se ha mejorado en lo relativo a prever las concepciones alternativas asociadas con la medida de volúmenes de sólidos por inmersión en líquidos. También siguen sin abordarse ejemplos cotidianos donde la variación de la *densidad* relativa modifica la flotabilidad.

6.5. Relacionados con el Bloque V

Por último, los ítems relacionados con el carácter específico de la *densidad* se muestran en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5

Frecuencia de los aspectos relacionados con el Bloque V

Ítems	F	
	N=12	N=5
16. ¿Aparece la clasificación explícita entre propiedades específicas y generales de la materia? En caso negativo, ¿se hace referencia de alguna manera a ellas?		
Si: Ba, Bb, C, Da, E, F, G, Ha, Hb, Ka, Kb, La, Lb	9	4
No: A, Db, I, J	3	1
Dentro del apartado <i>¿Qué es la materia?</i> , se indica que hay propiedades generales y que las específicas “permiten distinguir unas sustancias de otras”: A En la definición de <i>masa</i> , <i>volumen</i> y <i>densidad</i> , se indica cuál de ellas es una propiedad específica y cuál es general: Db, J		
17. ¿Se ponen ejemplos de la independencia de la <i>densidad</i> de una misma sustancia con la cantidad de materia de esta? En caso afirmativo, ¿cuál?		
Si: Da, F, Ha, Kb	3	1
Se pide en una actividad que se justifique si la <i>densidad</i> de un objeto depende de su tamaño: Da “Todos los objetos de una misma sustancia, en las mismas condiciones de <i>presión</i> y <i>temperatura</i> , tienen la misma <i>densidad</i> ”: F Se indica que su valor no depende de la cantidad de materia del cuerpo, a diferencia de lo que ocurre con la <i>masa</i> y el <i>volumen</i> : H El texto señala que “una cucharada de aceite tiene la misma <i>densidad</i> que toda una botella”: Kb		
No: A, Ba, Bb, C, Db, E, G, Hb, I, J, K, La, Lb	9	4
18. ¿Se resalta la diferencia entre los conceptos de <i>densidad</i>, <i>viscosidad</i> y <i>concentración</i>? Se describirá en caso afirmativo.		
a) <i>Densidad vs viscosidad</i>		
Si: Bb, J, Ka	2	1
Hace mención a la <i>fluidez</i> , como “propiedad que permite a un material deslizarse por un conducto”: J Se define la <i>viscosidad</i> como la “oposición de un fluido a desplazarse”: Ka Se muestra una experimentación para demostrar que <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i> no son lo mismo: 2b		
No: A, Ba, C, Da, Db, E, F, G, Ha, Hb, I, Kb, La, Lb	10	4
b) <i>Densidad vs concentración</i>		
Si: A, Ba, C, Da, F, G, Ha, Ka, La, Lb	9	1
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 <i>concentración</i> en % en <i>masa</i> se puede obtener conociendo la <i>densidad</i> 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	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 expongan ejemplos de que la *densidad* de una sustancia no depende de la cantidad de materia de la misma.
- 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 (que lleva a los estudiantes a decir, por ejemplo, que la mayonesa es densa), 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, resulta llamativo 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, con la entrada de la LOMCE las editoriales prescinden de este tratamiento que sí realizaron en los textos previos (Bb, Db, Hb, Kb). Si con los textos primeros los estudiantes no asimilaban los contenidos relativos a la diferencia entre *densidad* y *concentración*, con la llegada de estos nuevos textos las dificultades permanecerán.

Para los aspectos relacionados con este último bloque, observamos un retroceso por parte de las editoriales en la forma de tratar los contenidos con la LOMCE, sobre todo, los relacionados con la diferencia entre *densidad* y *concentración*.

En cuanto al lugar que ocupan en los textos el estudio de estos contenidos, puede observarse (Anexo IV) que ya sean en los libros de segundo curso (LOMCE) como los de tercero (LOE), se encuentran siempre entre las dos primeras unidades del texto. Para el caso concreto del estudio de la *densidad*, en la mayoría de los textos

de tercero se le dedica un apartado o subapartado específico para su tratamiento. Se observa también que, con la entrada de la LOMCE, algunas editoriales, que no presentaron el concepto de esta forma en los libros de tercero, decidieron seguir el mismo guión y dedicarle un apartado específico al mismo (textos B, K y L).

**CAPÍTULO 7. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LAS
ETAPAS I Y II**

7. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ETAPAS I Y II

En estas dos primeras etapas se ha contribuido a la investigación educativa materializando:

- Un estudio de las concepciones alternativas de estudiantes que finalizan tercer curso de ESO sobre las propiedades elementales de la materia *volumen, masa y densidad*.
- Un análisis del tratamiento que hace una muestra de libros de texto de segundo (LOMCE) y tercero (LOE), en donde se deberían haber asentado adecuadamente los contenidos mencionados.

Creemos necesario llevar a cabo la presentación de esta síntesis de resultados antes de embarcarnos en la descripción de la propuesta de enseñanza, puesto que el diseño de la propuesta depende de este análisis previo. Por otro lado, no hemos analizado los resultados de cada una de las etapas por separado, debido que uno de los objetivos de este trabajo era establecer una relación entre las concepciones alternativas encontradas en los estudiantes y la forma en la que los contenidos se muestran en los textos.

A continuación se redacta la relación mencionada, manteniendo el mismo orden en el que se ha investigado. La síntesis se presenta en cinco tablas (7.1 a 7.5) pertenecientes a cada uno de los aspectos estudiados en las dos primeras etapas. En la columna de la izquierda se refiere el contenido analizado con cada una de las preguntas de los cuestionarios. Mientras que, en la columna de la derecha, se sintetizan los resultados obtenidos con cada pregunta y se relaciona con el análisis de los textos correspondiente. Además, en esta misma columna también se indica cuál es la actividad de la propuesta de enseñanza que tratará cada contenido. Si bien, para entender la codificación de estas actividades será necesario revisar la metodología de la Etapa III.

Tabla 7.1

Síntesis de los conocimientos sobre volumen, masa y densidad, así como de las unidades más frecuentes en las que se expresan estas magnitudes

PREGUNTAS	COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS
1. Masa y volumen de objetos	<p>La mayoría de los estudiantes que finalizan tercero, de la muestra estudiada, no son capaces de estimar valores aproximados de <i>masa</i> o <i>volumen</i> de objetos presentes, con frecuencia, en su vida diaria. Los libros de texto no ayudan mucho en este sentido, pues no es común encontrar valores de <i>masa</i> o <i>volumen</i> de objetos cotidianos.</p> <p>Actividades planteadas en la propuesta: A1.1 y A1.3</p>
2. Densidades de sustancias cotidianas	<p>La mitad de los estudiantes relacionan de forma adecuada la <i>densidad</i> de sustancias comunes, aspecto que aparece con frecuencia en los textos. Las más usuales son las densidades de aluminio, hierro, agua, aceite y mercurio; tres de las cuatro que aparecen en la pregunta.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A1.6</p>
3. Unidades de densidad	<p>Casi la mitad de los estudiantes, que forman parte de la muestra, conocen las unidades en las que puede expresarse la <i>densidad</i>. Aunque algunos de ellos (un 25%) parecen no tener asimilado este aspecto. En este sentido, la mayoría de los textos analizados (tanto LOE como LOMCE) indica que esta magnitud se puede expresar también en otras unidades distintas a las del SI, siendo la más usada el g/cm^3.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A1.5</p>
4. Identificación de sustancias aplicando la ecuación de la densidad	<p>La mayoría de las respuestas ofrecidas en este caso llevan a pensar que el alumnado sabe identificar sustancias según sea la relación <i>masa/volumen</i>. Si bien, no podemos asegurar que tengan claro qué es en sí la <i>densidad</i>. En los textos suelen aparecer actividades numéricas resueltas en las que se muestra cómo se calcula el cociente antes mencionado, pero sin proporcionar explicaciones cualitativas adicionales.</p> <p>Actividades planteadas en la propuesta: A1.5, A2.5 y A3.5</p>

Tabla 7.2

Síntesis de las circunstancias en las que se conservan el volumen, la masa, o la densidad de distintos objetos

PREGUNTAS	COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS
<p>1. Cambios de forma</p>	<p>Un 35% de los estudiantes no entienden que en los cambios de forma se conservan las tres magnitudes, aunque un 60% establece que, aunque la <i>masa</i> y el <i>volumen</i> no se conservan en este cambio, la <i>densidad</i> sí lo hace. Este aspecto no se contempla en los libros de texto analizados.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A1.4</p>
<p>2. Cambios de estado S-L del agua</p>	<p>Solamente un 10% de los participantes en nuestra investigación tienen claro que la <i>densidad</i> del agua aumenta al pasar de sólido a líquido y que su <i>volumen</i> disminuye. En relación a este asunto, únicamente uno los libros hace referencia a este carácter anómalo del agua.</p> <p>Actividades planteadas en la propuesta: A2.4, A1.6, A2.6</p>
<p>3. Cambios de estado S-L de sustancias distintas al agua</p>	<p>Los malos resultados obtenidos en la pregunta anterior se extienden a este caso. La mayoría de los estudiantes no cambiaría la respuesta dada en la Actividad 2. En este sentido, los textos LOMCE mejoran, ligeramente, el tratamiento del cambio de <i>densidad</i> de las sustancias al cambiar de estado, respecto a sus antecesores (LOE). Aunque se dedican más a presentar cómo es la <i>densidad</i> de una sustancia dependiendo de su estado, más que a estudiar la variación de esta propiedad.</p> <p>Actividades planteadas en la propuesta: A2.4, A1.6, A2.6</p>
<p>4. Cambios de estado L-G</p>	<p>En este caso, un 75% de los estudiantes parece tener claro que en este cambio de estado se conserva la <i>masa</i>, sin embargo, no todos lo justifican. Los resultados son buenos, a pesar de que este aspecto no es tratado en los textos.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A2.4</p>
<p>5. Masa de los gases</p>	<p>En esta pregunta tenemos a los estudiantes distribuidos en dos extremos totalmente contrarios. Los que opinan que la <i>masa</i> del globo desinflado es menor (50%), y los que creen que el globo vacío tiene más <i>masa</i> que lleno de aire (35%). El resto cree que esta propiedad no varía. Es decir, la mitad de los estudiantes piensa que el aire carece de <i>masa</i>. En la mayoría de los textos se refiere al <i>volumen</i> de los gases como propiedad medible, pero pocos se refieren a su <i>densidad</i> o a su <i>masa</i>.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A4.3</p>

Tabla 7.3

Síntesis de la relación entre densidad y grado de compactación de la materia

PREGUNTAS	COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS
1. Compactación en sólidos	<p>En esta cuestión, el 81% de la muestra investigada es capaz de relacionar adecuadamente el grado de compactación de la materia en sólidos con el cociente <i>masa/volumen</i>. Aún así, en los textos no suelen aparecer ejemplos en este sentido, aunque con la nueva ley se denota una leve mejoría.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A1.5</p>
2. Compactación en líquidos	<p>Más de la mitad de los estudiantes utilizan la <i>densidad</i> para diferenciar sustancias líquidas. La confusión entre <i>viscosidad</i> y <i>densidad</i> es uno de los factores que disminuye el nivel de conocimiento alcanzado en esta pregunta. En los textos, aparte de la separación entre agua y aceite a través del método de decantación, no se hace referencia explícita a las distintas densidades que presentan los líquidos.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A1.5</p>
3. Densidad y estado de agregación de una sustancia	<p>Nuestra experiencia docente nos indica que, cuando aparecen sustancias en estado gaseoso, prolifera la aparición de concepciones alternativas. Este aspecto se confirma en la Pregunta 3. Aunque, como ya comentamos en el Bloque I, en los textos aparecen numerosos ejemplos de densidades de sustancias cotidianas, no aparecen clasificadas según su estado. Si no llamamos la atención sobre este hecho, difícilmente podrá ser asimilado por el alumnado.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A1.6</p>
4. Relación <i>masa-densidad</i> en sólidos	<p>La situación de que, cuando los objetos tienen el mismo <i>volumen</i>, el más pesado es el que tiene más <i>densidad</i>, parece que no está asimilada por igual en sólidos que en líquidos. Más de la mitad de los estudiantes de la muestra tienen claro este aspecto en sólidos, y en menor proporción cuando se trata de líquidos; como ya ocurriera entre las cuestiones 1 y 2. En los libros de texto, este tipo de ejemplificaciones destacan por su ausencia.</p>
5. Relación <i>masa-densidad</i> en líquidos	<p>Actividad planteada en la propuesta: A2.5</p>
6. Relación <i>volumen-densidad</i> en líquidos	<p>En este caso, casi la mitad de los estudiantes no conocen que, a igual <i>masa</i>, las sustancias más densas son las que tienen menor <i>volumen</i>. Achacamos este hecho a la relación inversa entre <i>densidad</i> y <i>volumen</i>, aspecto que, de nuevo, no se menciona en los textos analizados.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A3.5</p>
7. Temperatura y <i>volumen</i> en gases	<p>El tratamiento realizado de la teoría cinética de los gases, por la mayoría de los textos de la muestra, no ayuda a la asimilación de este aspecto por parte del alumnado. Únicamente el 14% relaciona la <i>temperatura</i> con el <i>volumen</i> de un gas. Tal vez los textos deberían insistir más en la explicación de este contenido.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A4.3</p>

Tabla 7.4

Síntesis del volumen de fluido desalojado por un sólido en inmersión y de la flotación

PREGUNTAS	COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS
<p>1. Volumen desalojado frente a peso y profundidad de inmersión</p>	<p>Un 58% de los estudiantes cree que la esfera con mayor <i>peso</i> desplazará más <i>volumen</i> de agua que las otras dos, mientras que casi un 38% considera que este <i>volumen</i> aumentará al aumentar la profundidad de inmersión. Si bien, los resultados son mejores en el segundo caso, es evidente la existencia de concepciones alternativas al respecto. Aunque la mayoría de los textos insisten en la medición del <i>volumen</i> de sólidos irregulares mediante su inmersión en una probeta con agua, no tienen en cuenta las posibles concepciones alternativas que están detrás de este fenómeno.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A2.2.</p>
<p>2. Sólidos con distinta densidad</p>	<p>Los resultados nos indican que, mientras un 54% entienden las causas de la <i>flotación</i> de diferentes sólidos en un mismo líquido, un 83% tiene asimilado este hecho cuando es un mismo sólido el que se sumerge en diferentes líquidos. En el primer caso achacan más la <i>flotación</i> o no de los cuerpos al diferente <i>peso</i> de estos. Sin embargo, en la Pregunta 3, en la que solo existe un cuerpo, este planteamiento inadecuado disminuye. En los libros de texto se suele ejemplificar la <i>flotación</i> de sólidos en líquidos, pero son pocos los que justifican de manera clara cuáles son los motivos por los que se produce.</p>
<p>3. Líquidos con distinta densidad</p>	<p>Actividad planteada en la propuesta: A2.6</p>
<p>4. Sólidos con cambio de densidad</p>	<p>El hecho de que más del 58% de los estudiantes de la muestra se encuentre en el Nivel 0 de conocimiento en relación a esta pregunta, nos indica que no vislumbran las causas por las que se produce el fenómeno planteado. En ninguno de los textos analizados se hace mención a la situación descrita.</p> <p>Actividad planteada en la propuesta: A2.6</p>

Tabla 7.5

Síntesis de la densidad como propiedad específica de la materia

PREGUNTAS	COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS
1. Propiedades específicas de las sustancias (I)	De entre los alumnos constituyentes de la muestra, únicamente un 19% ven en la <i>densidad</i> una característica para la diferenciación de unas sustancias de otras (Pregunta 1). Además, la variabilidad de respuestas ofrecidas en la Pregunta 2 revela que no tienen claro cuáles son las propiedades que les permitiría llevar a cabo esta diferenciación. Es cierto que en los textos es habitual encontrar la clasificación y definición de propiedades específicas y generales de la materia, pero echamos en falta una mayor ejemplificación.
2. Propiedades específicas de las sustancias (II)	Actividades planteadas en la propuesta: A1.5, A2.5 y A3.5
3. Independencia de la densidad con la masa	Algo más de un 33% de los estudiantes tienen claro que la <i>densidad</i> es una propiedad que no depende de la cantidad de materia. Pocos son los libros que tratan este aspecto, tanto LOE como LOMCE.
4. Diferencia entre densidad y viscosidad	Actividades planteadas en la propuesta: A2.5 y A3.5 La mayor parte del alumnado no es capaz de diferenciar los conceptos <i>viscosidad</i> y <i>densidad</i> . Los textos analizados tampoco suelen tener en cuenta esta distinción. También hemos estudiado en los textos (no con la muestra de estudiantes) si consideran la diferencia entre <i>densidad</i> y <i>concentración</i> , puesto que son magnitudes distintas que se expresan en las mismas unidades. En este caso, los libros LOMCE prescinden de contemplar este contenido que sí presentaron sus predecesores LOE de las mismas editoriales.
	Actividad planteada en la propuesta: A1.7

Ante esta situación, el planteamiento que se ha desarrollado es el diseño y experimentación de una propuesta de enseñanza, que sea capaz de solventar las deficiencias en los libros encontradas en esta etapa. Esta propuesta incorporará las prescripciones de la Didáctica de las Ciencias a una temática del currículo que se asume estar superada, cuando hemos constatado que no lo está. La elaboración, aplicación y evaluación de la propuesta mencionada será el objetivo de la siguiente etapa.

CAPÍTULO 8. METODOLOGÍA. ETAPA III

8. METODOLOGIA. ETAPA III

Teniendo en cuenta el análisis de los resultados de las etapas I y II, en las líneas siguientes se procederá a describir, de forma pormenorizada, el diseño y aplicación de una propuesta de enseñanza que ayude a paliar las dificultades encontradas. Con esta etapa, como ya se comentó con anterioridad, pretendemos desarrollar una propuesta de enseñanza que suponga una alternativa a la enseñanza tradicional y sea capaz de mejorar en estudiantes de tercero de ESO sus conceptos, procedimientos y actitudes relativos a las propiedades de la materia *volumen*, *masa* y *densidad*.

La pregunta amplia de investigación en esta etapa es:

¿Qué aprenden los estudiantes de tercero de ESO después de participar en una propuesta de enseñanza, con unas actividades diseñadas teniendo en cuenta las deficiencias detectadas?

Específicamente, como se indicó en el Capítulo 2, se pretende averiguar si después participar en la propuesta de enseñanza se ha conseguido responder afirmativamente a las siguientes cuestiones:

1. ¿Conocen los conceptos de *volumen* y *masa*, sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?
2. ¿Entienden la dependencia del *volumen* desalojado por un sólido inmerso totalmente en un líquido?
3. ¿Reconocen las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*?
4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos *volumen*, *masa* y *densidad*?
5. ¿Reconocen el concepto *densidad* y lo utilizan para la identificación de sustancias?
6. ¿Utilizan la *densidad* para justificar el fenómeno de la *flotación*?
7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la *densidad*?
8. ¿Diferencian los conceptos *densidad* y *viscosidad*?

8.1. Participantes

Se realizó un estudio cuasiexperimental, con dos grupos de estudiantes (23 y 26) de tercero de ESO del IES Hipatia (Muestra 2), situado en Mairena del Aljarafe (Sevilla). Ambos grupos se consideraron similares entre sí, en función de las calificaciones académicas obtenidas en evaluaciones anteriores a la implementación de la propuesta. Este IES consta de 550 estudiantes y 40 profesores y está situado en una zona de nivel cultural medio-alto.

Por motivos laborales no resultó posible aplicar la propuesta en el mismo centro en el cual se llevó a cabo el primer estudio de concepciones alternativas (Muestra 1). Sin embargo, las características de los estudiantes en esta etapa de la investigación son similares a las de los estudiantes que formaron parte de la Etapa I resultando, de igual forma, una muestra no probabilística por conveniencia. Además, para comparar la efectividad de la propuesta se realizó, entre otros procedimientos, una comparación pretest-postest, partiendo de la identificación de las concepciones alternativas de estos estudiantes.

Ambos grupos de estudiantes, en esta etapa, carecen de alumnado absentista y que necesite algún tipo de adaptación curricular. En total dispusimos de 20 estudiantes de sexo femenino y 29 de sexo masculino, todos de nacionalidad española.

Al igual que en la Etapa I, al tratarse de una muestra de conveniencia, los resultados no pueden generalizarse, pero la información obtenida puede compararse con estudios de corte similar, y aumentar el conocimiento de partida para investigaciones con muestras de mayor alcance.

8.2. Fases de la etapa y temporalización

En esta etapa de investigación la elaboración, validación y aplicación de la propuesta, así como el análisis de los resultados tuvieron lugar entre junio de 2015 y abril de 2016. Estas fases se describen a continuación.

8.2.1. Elaboración y validación de la propuesta

Elaborada una primera versión de la propuesta, la validación de esta fue realizada por parte de dos profesores del Departamento de Física y Química del IES donde se aplicó la misma (*validación de expertos*). En este proceso de validación se modificó la redacción de algunas ideas, con las sugerencias de todos los expertos consultados. Este cambio se llevó a cabo en un 17% de las actividades propuestas (4 de 23), quedando entonces la versión definitiva (Anexo XII, p. 309).

Para la selección de los contenidos que forman parte de esta propuesta de enseñanza se ha tenido en cuenta los resultados obtenidos en las etapas I y II, las orientaciones señaladas en el RD 1105/2014 y las prescripciones de la Didáctica de las Ciencias relativas a la forma en la que deben presentarse estos contenidos descritas en el Apartado 1.3.2.

Contextualización dentro del currículo de la educación secundaria obligatoria

La propuesta de enseñanza que presentamos en este trabajo contribuye, fundamentalmente, a desarrollar la competencia básica en ciencias fijada por la LOMCE y reseñada en la Orden ECD/65/2015, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

Esta competencia contribuye al desarrollo del pensamiento científico, desarrollando juicios críticos sobre los hechos científicos y capacitando a los estudiantes para la identificación y resolución de situaciones de la vida cotidiana. Incluye, además actitudes relacionadas con el interés por la ciencia y la valoración del conocimiento científico (MECD, 2015b).

Asimismo, esta competencia requiere, de manera esencial, la formación y práctica en los siguientes dominios:

- Investigación científica: como recurso y procedimiento para conseguir los conocimientos científicos y tecnológicos logrados a lo largo de la historia.

El acercamiento a los métodos propios de la actividad científica

(propuesta de preguntas, búsqueda de soluciones, indagación de caminos posibles para la resolución de problemas, contrastación de pareceres, diseño de pruebas y experimentos, aprovechamiento de recursos inmediatos para la elaboración de material con fines experimentales y su adecuada utilización) no solo permite el aprendizaje de destrezas en ciencias y tecnologías, sino que también contribuye a la adquisición de actitudes y valores para la formación personal: atención, disciplina, rigor, paciencia, limpieza, serenidad, atrevimiento, riesgo y responsabilidad, etcétera.

- Comunicación de la ciencia: para transmitir adecuadamente los conocimientos, hallazgos y procesos. El uso correcto del lenguaje científico es una exigencia crucial de esta competencia: expresión numérica, manejo de unidades, indicación de operaciones, toma de datos, elaboración de tablas y gráficos, interpretación de los mismos, secuenciación de la información, deducción de leyes y su formalización matemática. También es esencial en esta dimensión competencial la unificación del lenguaje científico como medio para procurar el entendimiento, así como el compromiso de aplicarlo y respetarlo en las comunicaciones científicas. (MECD, 2015b, p. 6995)

En lo relativo al curriculum, el Real Decreto antes mencionado establece los objetivos de la ESO. Señala que esta etapa debe contribuir a que los estudiantes desarrollen capacidades que les permitan “concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructure en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia” (MECD, 2015a, p. 177).

De forma específica, la Física y la Química, presente en segundo y tercero de ESO, debe dotar a los estudiantes de las herramientas necesarias para realizar un aprendizaje contextualizado. El objetivo es:

Relacionar los principios en vigor con la evolución histórica del conocimiento científico; estableciendo la relación entre ciencia, tecnología y sociedad; que potencie la argumentación verbal, la capacidad de

establecer relaciones cuantitativas y espaciales, así como la de resolver problemas con precisión y rigor. (MECD, 2015a, p. 257)

En segundo de ESO los distintos conceptos se introducirán a partir de fenómenos cotidianos, y serán la observación y la experimentación la base del conocimiento en todos los niveles. El caso concreto de los aspectos relacionados con la materia, entre los que se encuentran el *volumen*, la *masa* y la *densidad*, se explicará teniendo en cuenta los conocimientos que poseen los estudiantes. Se busca el enfoque fenomenológico, a partir de la experimentación y ejemplificación de situaciones cotidianas (MECD, 2015a).

La legislación anterior ya indicaba que las primeras nociones del concepto *densidad* debían aparecer en el primer curso de ESO en Ciencias de la Naturaleza, al hablar de las propiedades generales de la materia y de los materiales de interés que se utilizan en la vida cotidiana. También en segundo de ESO, al señalar la influencia de los factores abióticos en los ecosistemas y, en tercer curso en Física y Química, cuando se revisan las experiencias de separación de las sustancias de una mezcla. En Física y Química de cuarto curso de ESO, pero con distinto enfoque, también se indicaba necesario el estudio de esta propiedad específica, al tratar la temática de fluidos (MEC, 2006).

El nuevo Real Decreto también se refiere a estos contenidos. Se establece dentro del Bloque 2 de Física y Química de segundo y tercero de ESO, dedicado a la materia, como uno de los estándares evaluables “la determinación experimental de masas y volúmenes de sólidos, así como el cálculo de su *densidad*” (MECD, 2015a, p. 259).

Este recorrido por el currículo de las ciencias en secundaria tiene como conclusión que, el alumnado que finaliza tercer curso de ESO, debe estar en situación de aplicar estos contenidos a fenómenos específicos, presentes en la vida diaria (como la *flotación* de sólidos en líquidos). Sin embargo, la realidad es bien distinta y, para muchos estudiantes que finalizan este nivel, la interpretación de estos fenómenos les lleva a tropezar con los mismos obstáculos que al comienzo del mismo, como si no hubiera servido de nada el haberlos tratado previamente. La consecuencia es la necesidad de desarrollar una metodología que asegure una

correcta asimilación de estos contenidos por parte de los estudiantes, en la que se debe tener en cuenta las directrices proporcionadas en la legislación para la enseñanza de las ciencias.

Aunque este Real Decreto no se ha seguido como hilo conductor de la secuencia de actividades, se han querido resaltar aquellos aspectos que encajan en las finalidades que pretendíamos. Una de las razones de utilizar nuestro propio hilo conductor es que los planes de estudios plasmados en decretos, no necesariamente están basados en la investigación realizada en la Didáctica de las Ciencias, y no en todos los casos promueven el aprendizaje de las ciencias a largo plazo (Linn, 2000).

Criterios de diseño de la propuesta

A la hora de diseñar nuestra propuesta de enseñanza, siguiendo a Sanmartí (2000), hemos considerado los siguientes aspectos:

- *Selección de contenidos.* Se ha realizado teniendo en cuenta que la educación científica está dirigida para toda la población y, por tanto, se requiere que los contenidos formen parte de la vida cotidiana de los estudiantes. Con esta premisa y, dentro de los contenidos que abarca nuestro trabajo (*volumen, masa y densidad*), decidimos embarcarnos en primer lugar en el estudio del *volumen*, continuando con la *masa* y, finalmente, con la *densidad*. Si bien, nuestra experiencia docente nos indica que el estudio del *volumen* presenta mayor dificultad de comprensión por parte de los estudiantes que la *masa*, tenemos razones para tomar esta decisión. En primer lugar, precisamente porque presenta mayor dificultad creemos conveniente comenzar el estudio por esta magnitud, al comienzo de la unidad cuando los estudiantes están menos cansados. Por otro lado, este orden sigue la secuencia lógica dada por haberse tratado previamente la *longitud* (magnitud fundamental) y la *superficie* (magnitud derivada de la anterior).

El barrido exhaustivo realizado en relación a las concepciones alternativas de los estudiantes en la Etapa I, como ya comentamos con anterioridad,

nos sirvió de guía para la selección de aquellos aspectos específicos que debíamos tratar (influencia del estado de agregación o procesos de disolución, estudio de la *flotación*, etc).

Teniendo en cuenta estos argumentos presentamos los mapas de contenidos como muestran las figuras 16 y 17.

- *Selección y secuenciación de actividades.* Tal y como indica Sanmartí (2000) en su trabajo, las actividades no pretenden representar porciones del contenido a estudiar, sino que el conjunto de actividades secuenciadas posibilita la adquisición de conocimiento. En esta selección, como describiremos más adelante, hemos recopilado actividades de motivación, construcción y consolidación de conocimientos y de síntesis. Asimismo, dentro de este criterio y teniendo en cuenta las preguntas de investigación pertenecientes a esta etapa, la secuenciación se presenta siguiendo un orden creciente de complejidad.

Asimismo, los resultados del pretest sirvieron de guía para la elección de unas actividades concretas y rechazo de otras, como se describirá en el Capítulo 9, relativo a los resultados de la Etapa III.

- *Organización y gestión del aula.* Este aspecto persigue que el ambiente creado en este espacio promueva el trabajo, la verbalización de las ideas, el intercambio de opiniones y el debate. Las interacciones estudiante-docente y estudiante-estudiante regulan la conciencia de las dificultades, pues existen diferencias entre las formas de explicar un mismo fenómeno. En nuestro caso, la organización y gestión de las actividades en el laboratorio, con unos 25 estudiantes en cada grupo, ha supuesto un gran esfuerzo. No solamente por tener diez más de los recomendados en un laboratorio, sino también porque gestionar y mantener una metodología para las interacciones de las que hablamos se puedan hacer efectivas, requiere animar continuamente a los adolescentes a ser perseverantes.

A continuación, describiremos con más detalle los aspectos que hemos comentado.

Selección de contenidos

La división de los contenidos en *conceptuales* (hechos, principios y leyes), *procedimentales* (habilidades de investigación y destrezas manipulativas) y *actitudinales* (conducta y valores) es puramente pedagógica. Creemos necesario hacer esta diferenciación para no olvidar la triple faceta de la enseñanza de las ciencias, teniendo en cuenta cada una de ellas para no prescindir de los procedimientos y actitudes, centrándose únicamente en los conceptos, como suele ocurrir en la enseñanza tradicional (Sánchez y Valcárcel, 1993). Pero hemos de saber que los estudiantes no aprenden de forma separada estos contenidos, sino que, lo hacen simultáneamente en un único contexto, aunque no sean conscientes de ello (Pro, 1995).

Con el planteamiento que mostramos, no pretendemos únicamente enseñar unos contenidos que le sirvan al estudiante para afrontar estudios posteriores, sino también que sean útiles para que actúen coherentemente en la comprensión de fenómenos de la vida cotidiana (Sanmartí, 2000).

Los mapas de contenidos (figuras 16 y 17) nos ayudarán a establecer la relación entre estos y a orientar al lector su secuenciación en el aula (Sánchez, Pro y Valcárcel, 1997 y Sanmartí, 2000). El primero de los mapas (Figura 8.1) se refiere a los contenidos relacionados con el *volumen* y la *masa* (propiedades generales de la materia) y, el segundo (Figura 8.2), se refiere a la *densidad* (propiedad específica de la materia).

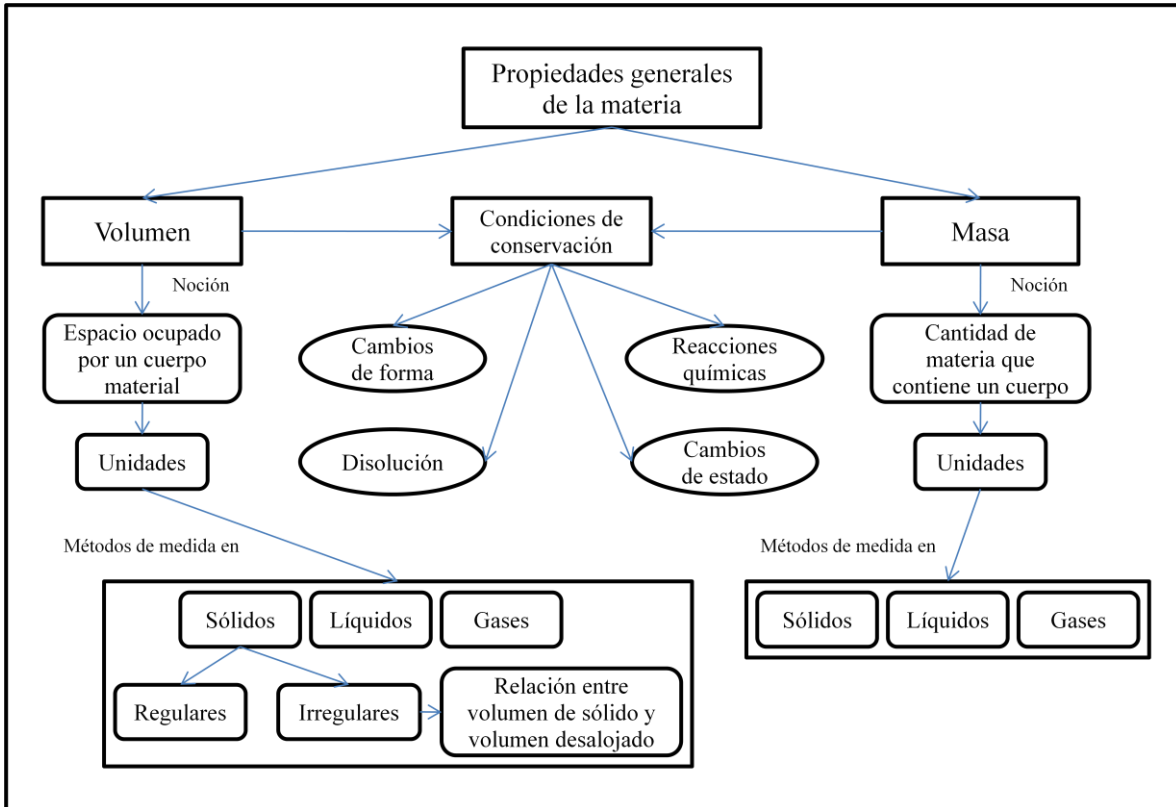


Figura 8.1. Mapa de contenidos del volumen y la masa (propiedades generales).

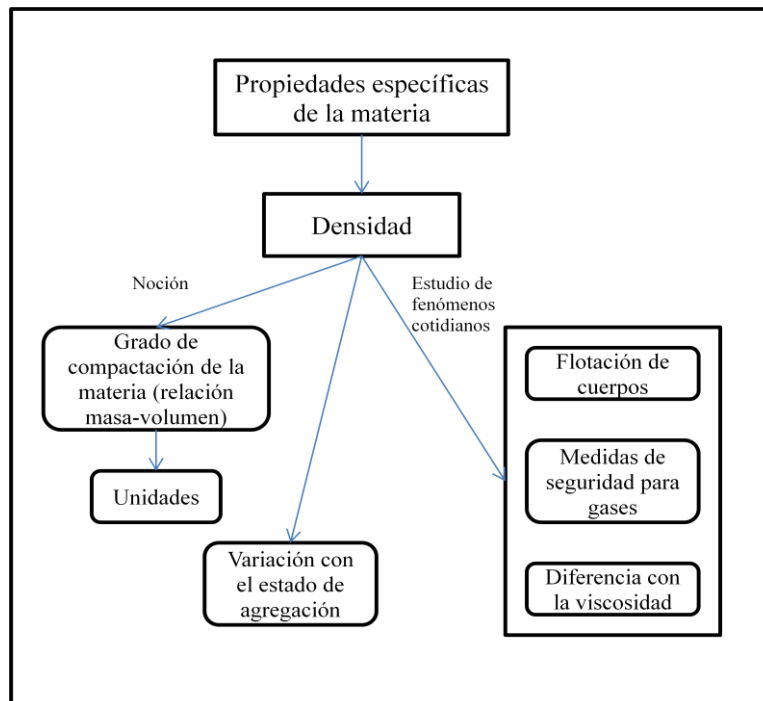


Figura 8.2. Mapa de contenidos de la densidad (propiedad específica).

En los mapas anteriores se encuentran implícitos muchos contenidos procedimentales y actitudinales que si se incluyeran dejarían un esquema tan complejo que harían perder su finalidad simplificadora y esclarecedora. Por otra parte, la selección de contenidos procedimentales y actitudinales que se decidieron evaluar se muestran en la Tabla 8.1.

Los contenidos procedimentales constituyen un conjunto de acciones que, al igual que ocurre con los conceptos, no son innatos y hay que aprenderlos. Ello requiere un adecuado diseño y dedicar el tiempo necesario para su enseñanza (Pro, 1995).

Se eligen estos contenidos procedimentales, de entre los propuestos por Pro (1998) (identificación de problemas, emisión de hipótesis, realización de predicciones, diseño experimental, observación, medición, organización de datos, análisis de datos, comunicación...) por la necesidad de acotar y porque creemos que son los que están más acorde con nuestro modelo didáctico de enseñanza y con el entramado didáctico diseñado (Sánchez y Valcárcel, 1993). Es decir, estos procedimientos están relacionados con los contenidos conceptuales propuestos y reflejan lo que queremos que los estudiantes aprendan (Sánchez, Pro y Valcárcel, 1997).

Tabla 8.1

Contenidos procedimentales y actitudinales (Adaptada de Pro, 1998 y Pedrinaci, Caamaño, Cañal y Pro, 2012)

Contenidos procedimentales	Contenidos actitudinales
- Identificación del problema y planteamiento de cuestiones.	- Valoración y contrastación de la información.
- Formulación de predicciones e hipótesis.	- Orden y limpieza en el trabajo.
- Medidas de magnitudes y recogida de datos.	- Colaboración con la dinámica de la clase.
- Utilización de técnicas básicas para el trabajo de laboratorio.	
- Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos.	
- Establecimiento de conclusiones.	

Selección y secuenciación de actividades

Las actividades se han seleccionado y secuenciado teniendo en cuenta las preguntas específicas de investigación, que realizan un recorrido por diferentes aspectos relacionados con el *volumen*, la *masa* y la *densidad*.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha pretendido materializar un enfoque constructivista mediante la secuencia de actividades que se presenta en la Tabla 8.2. En la columna de la derecha se encuentran cada una de las actividades desarrolladas, las cuales se han codificado atendiendo al orden de realización y la sesión a la que pertenecen. Así, por ejemplo, la Actividad (A2.3) fue la segunda actividad desarrollada en la tercera sesión. Además, en la columna de la izquierda se enumeran las preguntas de investigación, con el objetivo de relacionarlas con las correspondientes actividades.

Estas actividades se han distribuido en siete sesiones de 60 minutos de duración cada una, aproximadamente, y son de los siguientes tipos (Gil et al., 1999 y Porlán, 1997):

- *Actividad de iniciación-motivación.* Este tipo de actividad la consideramos necesaria para conseguir crear el ambiente idóneo para incentivar la discusión y el intercambio de ideas por parte de los estudiantes (Porlán, 1997). En nuestro caso, consiste en la proyección de dos fragmentos de películas bien conocidas por los estudiantes, con la intención de potenciar el interés de estos. El objetivo de esta actividad es animar a los estudiantes a recapacitar sobre la propiedad de la materia que podría explicar el hundimiento de estos cuerpos sólidos en un fluido, intercambiando impresiones orales de forma grupal. La elección de esta actividad en concreto se justifica porque tiene que ver con la *flotación-hundimiento* de objetos sólidos en fluidos, fenómenos relacionados con la tercera propiedad de la materia que tratamos en este trabajo, la *densidad*.

- *Actividades de construcción de conocimientos.* Con estas actividades se incentiva el análisis cualitativo de la situación problemática planteada, procurándose que, a través de la discusión, los estudiantes maticen y

revisen sus ideas para seguir construyendo otras nuevas. Este tipo de actividades son las denominadas con los códigos (A1.1), (A1.3) y (A1.5) de la Tabla 8.2.

- *Actividades de consolidación de conocimientos.* Con el desarrollo de estas actividades pretendemos poner a prueba a los estudiantes en situaciones problemáticas distintas a las ya realizadas, para consolidar los cambios cognoscitivos que se hayan podido producir. Ejemplos de este tipo de actividades son las que tienen asignados los códigos (A1.4), (A2.4) o (A2.6), entre otras.

- *Actividades de síntesis.* Este tipo de actividades cumplen la función de recapitulación de lo que se ha aprendido (Campanario y Moya, 1999). La actividad que hemos realizado en nuestra propuesta de este tipo es la que está codificada como (A3.6). Además, los estudiantes realizan tareas de síntesis de cada una de las actividades una vez finalizadas.

Tabla 8.2

Preguntas de investigación y su relación con las actividades propuestas

Preguntas de investigación y nº de sesiones	Descripción de la actividades
<p>1. ¿Conocen los conceptos de <i>volumen</i> y <i>masa</i>, sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?</p> <p>2. ¿Entienden la dependencia del <i>volumen desalojado</i> por un sólido inmerso totalmente en un líquido? (3 sesiones)</p>	<p>(A0.1) Proyección audiovisual. Actividad de iniciación para motivar a los estudiantes e incentivar el intercambio de ideas de forma grupal.</p> <p>(A1.1) ¿Qué es el <i>volumen</i>? Descripción del concepto y de sus unidades más comunes, así como las pertenencias al SI. Comparación entre unidades equivalentes utilizando tres latas de refresco del mismo <i>volumen</i> pero expresada en distintas unidades (l, ml y cm³).</p> <p>(A2.1) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de sólidos regulares? Medición, mediante cinta métrica, del <i>volumen</i> de tres sólidos regulares: una esfera, un cilindro y un prisma rectangular; que deben expresarse con sus unidades correctas.</p> <p>(A3.1) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de líquidos? Utilización de material de laboratorio adecuado para la medida de volúmenes de líquidos (probeta, vaso de precipitados, matraz Erlenmeyer), justificando su uso en función de la precisión.</p> <p>(A1.2) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de sólidos irregulares? A través de la inmersión completa en agua de un huevo y de un trozo de hierro, más pesado que el huevo pero de menor tamaño, afianzar la dependencia del <i>volumen</i> desplazado de líquido.</p> <p>(A2.2) ¿Qué esfera desplazará mayor <i>volumen</i> de líquido? Introducción a la dependencia de <i>volumen</i> de líquido desplazado mediante la inmersión de dos esferas, una de PVC y otra de acero de igual tamaño pero, evidentemente, de distinta <i>masa</i> en agua.</p> <p>(A3.2) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de gases? Medición del <i>volumen</i> de gases a través del desplazamiento de líquidos (medida de la capacidad pulmonar).</p> <p>(A1.3) ¿Qué es la <i>masa</i>? Descripción del concepto y de sus unidades más comunes, así como las que pertenecen al SI.</p> <p>(A2.3) ¿Cómo medirías la <i>masa</i> de sólidos? Manejo de instrumental básico de laboratorio (balanza de brazos y de precisión, vidrio de reloj, espátulas,...) para medir masas de sustancias sólidas (café, pan,...), expresando los resultados en las unidades correctas.</p> <p>(A3.3) ¿Cómo medirías la <i>masa</i> de líquidos? Obtención de la <i>masa</i> de volúmenes fijos de sustancias líquidas (nata, jabón, agua), intentado intuir la idea de compactación de la materia.</p> <p>(A4.3) ¿Crees que el aire tiene <i>masa</i>? Comprobación que los gases también poseen <i>masa</i> mediante la comparación del peso de un globo vacío y lleno de aire.</p>

Tabla 8.2

Preguntas de investigación y su relación con las actividades propuestas (continuación)

Preguntas de investigación y nº de sesiones	Descripción de la actividades
3. ¿Reconocen las condiciones de conservación de la masa y del volumen? (1 sesión)	<p>(A1.4) ¿Cómo afecta a la masa un cambio de forma? Experimentación a través del moldeado y troceado de un trozo de plastilina.</p> <p>(A2.4) ¿Cómo afecta a la masa un cambio de estado? Observación del proceso de fusión de un helado.</p> <p>(A3.4) ¿Cómo afecta a la masa el proceso de disolución? Comprobación experimental disolviendo azúcar en agua.</p> <p>(A4.4) ¿Cómo cambia la masa en una reacción química? Comprobación de la hipótesis a través de la reacción entre el vinagre (ácido acético) y el bicarbonato de sodio.</p> <p>*Puede observarse que en estas actividades no aparece, de forma explícita, la alusión a la conservación o no del volumen. Para agilizar el desarrollo de las mismas, esta cuestión se resolvió de forma oral durante las sesiones de clase, mediante pregunta directa del profesor al grupo de estudiantes.</p>
4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i> ? 5. ¿Reconocen el concepto <i>densidad</i> y lo utilizan para la identificación de sustancias? (1 sesión)	<p>(A1.5) ¿Qué es la <i>densidad</i>? Conocer el concepto de <i>densidad</i> así como sus unidades más comunes, incluyendo las que pertenecen al SI. Obtención experimental de densidades de sólidos y líquidos a través de la medida de su <i>masa</i> y <i>volumen</i> e interpretar el resultado.</p> <p>(A2.5) ¿Cómo medirías densidades de sustancias de igual <i>volumen</i>? (A3.5) ¿Cómo medirías densidades de sustancias de igual <i>masa</i>? Cálculo de la <i>densidad</i> de volúmenes fijos de sustancias y comparación de este valor con los obtenidos del cálculo de densidades de masas fijas de esas mismas sustancias.</p>
6. ¿Utilizan la <i>densidad</i> para justificar el fenómeno de la <i>flotación</i> ? 7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la <i>densidad</i> ? (1 sesión)	<p>A1.6) ¿Cómo depende la <i>densidad</i> de una sustancia de su estado? Mediante la observación de una tabla donde se presentan densidades de tres sustancias (agua, dióxido de carbono y oxígeno) en sus tres estados de agregación, entender la variación del valor de la <i>densidad</i> con el estado de agregación y comprender el caso anómalo del agua. Inmersión de un cubito de hielo y otro de aceite sólido en sus respectivos líquidos.</p> <p>(A2.6) ¿Podrías explicar la flotabilidad de objetos a través de la <i>densidad</i>? Justificación del fenómeno de la flotabilidad de sólidos en líquidos (inmersión de latas de refresco de cola light frente a cola normal en agua).</p> <p>(A3.6) Conoce sustancias y sus densidades. (A4.6) ¿Cómo tomamos medidas de seguridad en casa? Con estas dos actividades propuestas para hacer en casa por los estudiantes, comprueban la <i>densidad</i> de sustancias frecuentes en una cocina: azúcar, sal, agua, aceite y vinagre; y justifican la situación de las rejillas de seguridad para escape de gases en ellas.</p>
8. ¿Diferencian los conceptos <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i> ? (1 sesión)	<p>A1.7) ¿Crees que hay diferencias entre <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i>? A través del análisis de un artículo relacionado con la extracción de fuel del "Prestige", se estudia en qué términos se puede hablar de <i>viscosidad</i> o de <i>densidad</i>.</p>

Estrategia didáctica

De forma general y, como ya describimos en la revisión de la literatura para el diseño de actividades prácticas basadas en el trabajo de Carrascosa (1995), para cada actividad se comienza con una situación problemática de interés a partir de la cual los estudiantes emiten hipótesis de partida. A continuación, deben pensar en algún método que les lleve a la comprobación de estas hipótesis, obteniendo datos y conclusiones. En último lugar, comunican sus averiguaciones al resto de compañeros (Criado y García-Carmona, 2010; Limiñana et al., 2015). A través del análisis y debate de sus conclusiones finales en conjunto se pretende que entiendan que la ciencias es un proceso de construcción de conocimiento común (Kawasaki, Herrenkohl y Yeary, 2004).

La función del profesor durante todo el desarrollo de la propuesta es intervenir para conducir a la respuesta más adecuada, abriendo un debate de discusión, y dar paso a la siguiente pregunta del estudio del fenómeno (Gómez e Insausti, 2005). En la Figura 8.3 se muestra en forma de esquema la estrategia descrita.

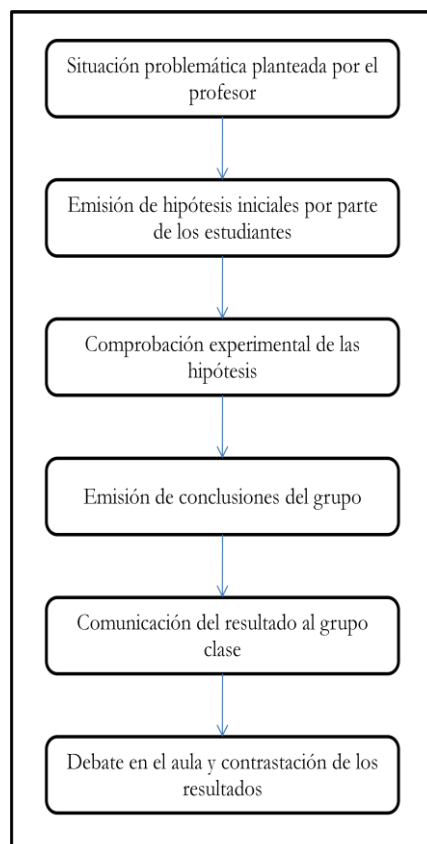


Figura 8.3. Estrategia didáctica seguida en la propuesta para cada actividad.

Para iniciar el desarrollo de la secuencia didáctica, contamos con que los estudiantes han consolidado los siguientes pre-requisitos de partida relativos a los contenidos a aprender:

- Comprenden los conceptos de *materia* y *sustancia* así como los de *magnitud* y *medida*, manejados en la medición de magnitudes a través de actividades experimentales (medidas de longitudes y superficies de objetos cotidianos) realizadas en unidades previas.
- Conocen el nombre y uso de los instrumentos de laboratorio así como las medidas de seguridad en él.
- Ya están habituados a trabajar en el aula laboratorio, por ser una labor realizada, previamente, con otros contenidos del curriculum de este curso.

Agrupación del alumnado

En este modelo de trabajo en el aula el alumnado trabaja, fundamentalmente, en pequeños grupos, de los que derivan informes colectivos. Si bien, ciertas actividades (pretest y postest, cuestionario de evaluación de la propuesta por parte de los estudiantes, o alguna actividad concreta) se realizaron obteniendo respuestas individuales. Este tipo de organización de la clase, de forma cooperativa, provoca que la responsabilidad del aprendizaje sea compartida grupalmente por toda la clase, pues unos estudiantes ayudan a otros (Sanmartí, 2000).

La elección de esta forma de trabajo se justifica, además, por las siguientes ventajas que ofrece (Méndez, 2015):

- Los estudiantes relacionan su éxito con el de su compañero o compañeros.
- Se fomenta la aparición de habilidades cooperativas, como el convenio de decisiones grupales acordadas a partir de las individuales.
- Se genera la discusión en grupo para analizar el grado de consecución de los objetivos.

Se espera conseguir así que las ideas inadecuadas se debiliten en pro de las apropiadas para este nivel, contribuyendo a ello los argumentos contruidos por el grupo (Criado y García-Carmona, 2010).

Estos grupos están formados, en general, por tres componentes atendiendo al rendimiento obtenido en el curso anterior, procurando que haya un componente de rendimiento alto, otro de rendimiento medio y, un tercero, de rendimiento bajo. El grupo de 23 estudiantes estaba compuesto por siete pequeños grupos de tres estudiantes y uno de dos, mientras que el grupo de 26 lo formaban ocho grupos pequeños de tres estudiantes y uno de dos.

Por otro lado, se consulta a los estudiantes el grado de afinidad que tienen con sus compañeros de grupo, para evitar posibles conflictos.

Materiales diseñados para el desarrollo de la propuesta

Los materiales diseñados para la implementación de la propuesta de enseñanza están adecuados a la estrategia didáctica seguida. Esta estrategia está, por tanto, articulada en función de tres tipos de materiales que se basan en los utilizados por Sánchez y Valcárcel (1993):

- *Esquema de la secuencia didáctica* (Tabla 8.2), donde aparecen los tipos de actividades desarrolladas en cada una de las sesiones junto con las preguntas de investigación, y el código asignado a cada actividad.

- *Hojas de trabajo* (Anexo XII), en las que se presentan a los estudiantes los enunciados a resolver en las actividades por sesión. Estas hojas contienen indicadores para ayudar a responder a las preguntas planteadas, orientación de los materiales que pueden usar y preguntas que hay que responder. Se les insiste en estas hojas de la necesidad de justificar las acciones realizadas y redactar las conclusiones obtenidas.

Una peculiaridad de estas hojas de trabajo es que están redactadas en inglés. Esta característica se justifica por ser la Física y Química de tercer curso en este centro una materia perteneciente a la modalidad bilingüe y, por tanto, parte de los contenidos en cada unidad debe impartirse en inglés. Así, aunque no se les pidió a los estudiantes que trabajaran en inglés, la presentación del problema estaba redactada en este idioma. Asimismo, con el objetivo que el idioma no se convirtiera en un

impedimento a la hora de interpretar el problema, el profesor ejerció de guía en este proceso.

La peculiaridad de la que hablamos se convierte así en una novedad para nuestro trabajo, aunque la influencia de esta no ha sido estudiada en este proyecto y, creemos, podría ser un tema de estudio para investigaciones posteriores.

- *Hojas de resultados* (Anexo XIII, p. 318), sobre las que los estudiantes escriben las respuestas. Es decir, reflejan sus hipótesis iniciales individuales y grupales, el trabajo desarrollado por cada miembro del grupo, las conclusiones obtenidas por el grupo y la contrastación de estas conclusiones con sus hipótesis iniciales y con las conclusiones de cada uno de los grupos.

8.2.2. Elaboración y validación de instrumentos de recogida de información

En esta fase se desarrollaron las tareas relativas a los instrumentos que se describen a continuación.

Instrumentos para la recogida de información individual antes y después de la enseñanza

El instrumento principal para la recogida de información que nos ayudará a evaluar el conocimiento general de los estudiantes, antes y después de la aplicación de la propuesta, aparece en el Anexo VI (p. 299). Se trata de un cuestionario (pretest-postest) formado por 12 preguntas de respuesta abierta. En la columna de la derecha se muestran las preguntas de investigación relacionadas con cada una de las preguntas del instrumento.

Las directrices seguidas en el diseño de este cuestionario son las mismas utilizadas en la elaboración del cuestionario de la Etapa I de detección de concepciones alternativas. El orden de las preguntas sigue la secuencia en la que cada concepto aparece en la propuesta de enseñanza y, dentro de este, la creciente complejidad de cada una.

Para la elaboración de este cuestionario se toma como base el realizado por Bullejos y Sampedro (1990), en lo relativo a los aspectos de *flotación*, dependencia del *volumen* desplazado por un sólido al sumergirlo totalmente en un líquido e identificación de sustancias a través de su *densidad*. Tras la modificación y adaptación de las preguntas de este cuestionario al alumnado de tercero de ESO, la validación fue realizada por los mismos jueces que validaron la propuesta, miembros del Departamento de Física y Química del IES centro de trabajo del investigador. En este proceso se modificó un 17% de los ítems del cuestionario (2 de 12).

Para el diseño de este instrumento se ha tenido en cuenta que exista una relación entre las preguntas (ítems) que aparecen en el mismo y las actividades de enseñanza-aprendizaje secuenciadas en la propuesta (Sanmartí, 2009). En la Tabla 8.3 presentamos la relación existente entre los contenidos de la propuesta, los ítems del pre-postest y las actividades realizadas.

Tabla 8.3

Relación entre contenidos, ítems del pre-postest y las actividades de la propuesta

Contenidos	Ítem pre-postest	Actividades
Conceptos de <i>volumen</i> , sus unidades y cálculo		(A1.1) ¿Qué es el <i>volumen</i> ? Apartado <i>a</i>
	1	(A1.1) ¿Qué es el <i>volumen</i> ? Apartados <i>b</i> y <i>c</i>
	1, 2c	(A3.1) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de líquidos?
	2a	(A2.1) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de sólidos regulares?
	2b	(A1.2) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de sólidos irregulares?
Dependencia del <i>volumen desalojado</i> por un sólido inmerso totalmente en un líquido	2d	(A3.2) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de gases?
	4	(A2.2) ¿Qué esfera desplazará mayor <i>volumen</i> de líquido?
Concepto de <i>masa</i> , sus unidades y su cálculo		(A1.3) ¿Qué es la <i>masa</i> ?
	3	(A2.3) ¿Cómo medirías la <i>masa</i> de sólidos?
		(A3.3) ¿Cómo medirías la <i>masa</i> de líquidos?
		(A4.3) ¿Crees que el aire tiene <i>masa</i> ?
Condiciones de conservación de la <i>masa</i> y del <i>volumen</i>	5	(A1.4) ¿Cómo afecta a la <i>masa</i> un cambio de forma?
	6	(A2.4) ¿Cómo afecta a la <i>masa</i> un cambio de estado?
	7	(A3.4) ¿Cómo afecta a la <i>masa</i> el proceso de disolución? (A4.4) ¿Cómo cambia la <i>masa</i> en una reacción química?
Relación entre los conceptos <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i> y utilización de la <i>densidad</i> para la identificación de sustancias	8, 9	(A1.5) ¿Qué es la <i>densidad</i> ?
	8a	(A2.5) ¿Cómo medirías densidades de sustancias de igual <i>volumen</i> ?
	8b	(A3.5) ¿Cómo medirías densidades de sustancias de igual <i>masa</i> ?
Utilización de la <i>densidad</i> para justificar el fenómeno de la <i>flotación</i>	10	(A1.6) ¿Cómo depende la <i>densidad</i> de una sustancia de su estado? (A2.6) ¿Podrías explicar la flotabilidad de objetos a través de la <i>densidad</i> ?
		(A3.6) Conoce sustancias y sus densidades
Justificación de fenómenos relacionados con gases a través de la <i>densidad</i>	11	(A4.6) ¿Cómo tomamos medidas de seguridad en casa?
Diferencias entre los conceptos <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i>	12	(A1.7) ¿Crees que hay diferencias entre <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i> ?

De forma general, consideramos importante señalar que, aunque en la Etapa I se hizo un estudio empírico exhaustivo de las concepciones alternativas, a la hora de diseñar los instrumentos para la recogida de información y posterior evaluación de la propuesta, hubo que hacer una selección y acortar el número de preguntas. Esto se justifica por el motivo de diseñar instrumentos realistas en lo relativo al tiempo disponible. Se realizaron, además, otras transformaciones a la hora de abordar la Etapa III. La organización de las preguntas, en el primer caso, se inspiró en una clasificación de las dificultades (conocimiento básico cotidiano, dificultades relativas

a los cambios, etc.), mientras que en la Etapa III el cuestionario se acomodó a la estructura que iban a tener los contenidos, en la que la organización conceptual se basó en la secuencia de conocimientos sobre *volumen*, *masa* y *densidad*. Ello se hizo así tras una reflexión sobre el orden de complejidad conceptual creciente y la consulta de otras propuestas de enseñanza señaladas en el análisis de la literatura.

Por otro lado y, de forma específica, respecto a la organización de la Tabla 8.3 antes presentada, destacamos las siguientes cuestiones:

- Aunque hemos realizado actividades para la introducción del *volumen* y la *masa* (A1.1 y A1.3, respectivamente), en el pre-postest no se ha preguntado por las definiciones de estas magnitudes sino que, en dichos instrumentos, se ha evaluado si saben aplicarlas a situaciones cotidianas. Como ya comentamos en el apartado dedicado a la selección de contenidos, no solo pretendemos que los estudiantes adquieran unos conocimientos sino también que los apliquen a circunstancias ordinarias. Aún así, se muestran los resultados de la evaluación de las actividades mencionadas.
- Las actividades A3.3 y A4.3, relativas a la medición de la *masa* en líquidos y gases, respectivamente, no tienen su ítem correspondiente en el pre-postest. Esta decisión tiene que ver, fundamentalmente, con que la *masa* es una magnitud cuya medición es más común en sólidos que en líquidos y gases. Por motivos de no extender en exceso el pre-postest, optamos por prescindir de este ítem. Sin embargo, creímos necesario incidir en la existencia de *masa* de los líquidos y, sobre todo, de los gases; por lo que se justifica la aparición de actividades relacionadas con estos aspectos. Al igual que las actividades A1.1 y A1.3, estas actividades también fueron evaluadas, como se puede observar en el capítulo dedicado a los resultados de esta etapa.
- Por la complejidad que presenta el concepto *densidad*, consideramos evaluar dos aspectos en el pre-postest, ambos vinculados a su intuición por parte de los estudiantes: uno desde un punto de vista cualitativo (Ítem 8) y otro desde una perspectiva cuantitativa (Ítem 9).
- En la Actividad A1.6, consta de una parte que realiza el profesor en el aula. En ella, se les muestra a los estudiantes lo que ocurre al añadir un cubito de hielo en agua líquida y un cubito de aceite de girasol solidificado

en aceite líquido. El hecho de que el cubito de agua flote y el de aceite se hunda en sus respectivos líquidos, pretende hacer reflexionar a los estudiantes sobre las propiedades anómalas del agua.

- La Actividad A3.6, que hemos enmarcado como actividad de síntesis, pretendió que los estudiantes aplicaran los conocimientos asimilados en el aula a su vida cotidiana, y practicaran con sustancias que tenían en casa. Por ello no existe el pertinente ítem en el pre-postest.

- Respecto al contenido dedicado al reconocimiento de las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*, solo se trataron experimentalmente las relativas a la conservación de la primera. La conservación del *volumen* se trató de forma oral durante la fase de exposición grupal de las conclusiones de cada pequeño grupo.

Instrumentos para la recogida de información sobre las actividades implementadas

Igualmente, se elaboraron dos registros para recoger los avances durante la implementación, en lo que a determinados contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales se refiere. Los contenidos procedimentales y actitudinales son los que se detallaron en la Tabla 8.1 y los registros a los que nos referimos son los siguientes:

- *Hojas de resultados*, entregadas por los pequeños grupos tras finalizar la sesión. En esta hoja, como puede verse en el Anexo XIII, los estudiantes reflejaban los siguientes aspectos:

- › Estimación sobre la solución del problema planteado de cada uno de los componentes del grupo, así como si habían llegado a un acuerdo común en caso de disparidad en las estimaciones.
- › Procedimientos seguidos para la comprobación de estas estimaciones, indicando la forma en la que se habían dividido el trabajo durante el desarrollo de la experiencia con el objetivo de que todos los componentes del grupo participaran en la actividad.
- › Conclusiones obtenidas de forma grupal tras la experiencia, describiendo las dificultades encontradas durante el desarrollo de la actividad. En este apartado debían detallar si con la experiencia

habían comprobado la validez o no de sus estimaciones previas, comparando las conclusiones obtenidas con las del resto de los grupos, una vez realizada la puesta en común.

Cada pequeño grupo debía entregar tantas hojas de trabajo por sesión como actividades se realizasen en la misma. De esta forma, se obtuvo información de los conocimientos adquiridos por los alumnos durante la implementación. En el Anexo XIV (p. 319) se muestran ejemplos de estas hojas completadas por los estudiantes.

En la redacción de estos documentos por parte de los estudiantes no siempre los aspectos que se indicaron anteriormente estaban correctamente explicitados. Con el objetivo de mejorar la interpretación de esta información por parte del profesor y realizar, de esta forma, una valoración adecuada de estos contenidos, al comienzo de cada sesión de trabajo, el profesor estableció personalmente con cada grupo de estudiantes un contraste de ideas. De esta forma, se puntualizaban los aspectos que no hubieran quedado lo suficientemente claros para su análisis. Además, mediante este intercambio de información, también se le proporcionó al alumnado información precisa sobre los aspectos a mejorar en sesiones siguientes. No se trata, por tanto, de una entrevista grupal con guion determinado, sino de entrevistas adaptadas a cada caso, para la aclaración de ideas que generaban dudas a la hora de realizar la valoración.

- Anotaciones sobre la *observación* en el aula antes, durante y tras la entrada de los estudiantes a la misma; sobre todo para valorar los contenidos relacionados con el orden, la limpieza y la colaboración con la dinámica de la clase. Esta observación proporcionó un punto de partida para identificar, además de los contenidos actitudinales, contenidos de todo tipo y sirvió de triangulación para el resto de los contenidos analizados mediante los cuestionarios y las hojas de trabajo (hojas de resultados de estudiantes).

Hemos de señalar que la obtención de la información para evaluar ambos tipos de contenidos se realiza de forma simultánea y para el conjunto de los componentes de

cada pequeño grupo. Esta forma de valoración resulta de gran complejidad, pues el profesor tiene que tomar nota de la forma en la que los estudiantes consiguen estos contenidos, a la vez de ser un guía en el proceso de aprendizaje del alumnado en el aula.

Instrumento para la valoración de la propuesta por parte de los estudiantes

Por último, consideramos necesario recopilar las impresiones de los estudiantes tras el desarrollo de la propuesta. Con dicho fin se elaboró un cuestionario que recogiera las opiniones de los estudiantes, así como sugerencias de mejora para posteriores propuestas. Este instrumento se encuentra en el Anexo VIII (p. 303), y está basado en el trabajo de Osuna, Martínez y Menargues (2012). Este instrumento fue elaborado por el autor del presente trabajo y revisado, intrajuez, pasadas dos semanas. En este proceso se modificó la redacción de un 25% de los ítems (2 de 8).

En este cuestionario se les informa a los estudiantes que el objetivo del mismo es conocer su opinión sobre el desarrollo de la propuesta, para poder mejorar su enseñanza. Se les pide que pongan una x según el grado de acuerdo que presente con cada una de las afirmaciones que se les propone, señalando 1, si no está de acuerdo; 2, si es indiferente; y 3, si está de acuerdo con la afirmación. Además, se les invita a que expresen una opinión abierta en algunas de las afirmaciones, con el fin de ampliar la información obtenida.

En la Figura 8.4 se resume, a través de un diagrama, los instrumentos de recogida de información utilizados antes, durante y tras el desarrollo de la propuesta de enseñanza.

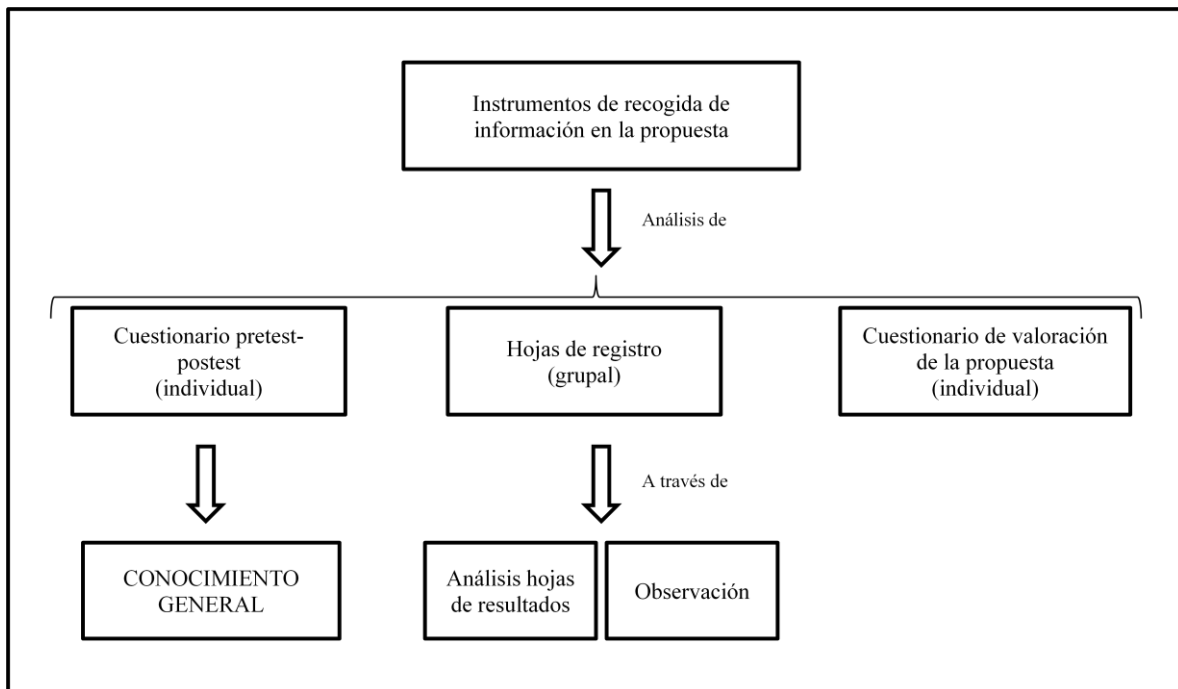


Figura 8.4. Instrumentos de recogida de información utilizados en la propuesta de enseñanza.

8.2.3. Aplicación del pretest-postest

La aplicación de este instrumento de evaluación se llevó a cabo tanto antes de la puesta en práctica de la propuesta, como dos semanas después del desarrollo de la misma (esto último por motivos de organización de la asignatura).

El autor del presente proyecto, profesor de la asignatura en este nivel, fue el encargado de aplicar, en condiciones de examen, tanto el pretest como el postest, en un tiempo de una hora de duración, y en la misma franja horaria en las dos ocasiones (tercera hora de clase), con el objetivo de que las condiciones en ambos casos fueran las más similares posibles. Se eligió un momento condicionado por el horario en el que el profesor impartía clase con este grupo y, de las dos posibilidades (puesto que la asignatura dispone de dos horas semanales de docencia), aquella en la que los estudiantes estuvieran menos cansados. Las dos opciones eran los lunes a tercera hora de clase (10:15 h a 11:15 h) o los jueves a quinta hora (12:45 h a 13:45 h). Así, consideramos más adecuado proponer la realización del pretest y del postest en la primera opción.

Es necesario indicar que, este instrumento utilizado como pretest, no solo tiene la función de cumplir como fuente de datos comparativos para evaluar la propuesta una vez desarrollada. Además, tiene la finalidad de conocer la demanda de aprendizaje

del alumnado y, en función de esta, reconsiderar la selección de contenidos realizada previamente. Si bien, es cierto que una vez analizados los resultados del pretest, no realizamos ninguna modificación en los contenidos de la propuesta de enseñanza, puesto que no se detectaron dificultades no previstas. Consideramos, entonces, que abarcaba todo lo que era necesario tratar.

8.2.4. Aplicación de la propuesta desarrollada

La propuesta se estructuró en siete sesiones de una hora de duración. Como dificultad añadida tenemos que señalar la reducida carga horaria que presenta nuestra materia (Física y Química de tercero de ESO) con dos horas semanales. Por ello, llevamos a cabo la puesta en práctica de la propuesta en las dos primeras semanas de diciembre y en las dos últimas de enero.

Tuvimos en cuenta el hecho de que, por diversas circunstancias, el período vacacional de diciembre dividiera el desarrollo de la propuesta en dos partes. Para poner en situación de nuevo a los estudiantes, se utilizó parte de la primera sesión de enero (10 minutos) a recordar el trabajo realizado hasta el momento, tanto en contenido como en la puesta en práctica en el laboratorio. Debemos destacar que los estudiantes, rápidamente, cogieron el ritmo de trabajo con el que finalizaron las clases de diciembre.

En cada sesión se realizaron varias actividades como se puede ver en la Tabla 8.2 o en el Anexo XII (p. 309). La propuesta se presentó a los estudiantes con un avance global de los aspectos que iban a tratar durante esas sesiones, así como unas pautas que deberían seguir en el momento de dirigirse y trabajar en el laboratorio.

8.2.5. Descripción de los instrumentos para el análisis de la información

Del cuestionario

El instrumento para el análisis de las respuestas ofrecidas por los estudiantes en el pretest y en el postest está estructurado por una serie de descriptores de igual manera al utilizado en la Etapa I de este trabajo, formando una matriz de valoración (Anexo IX, p. 304).

La estrategia seguida para la elaboración de esta matriz de valoración es la misma que la descrita en la Etapa I, inspirada en el trabajo realizado por Pérez Buendía (2013). De igual forma, este instrumento consta de una serie de niveles (de Nivel 0 a Nivel 3, de menor a mayor grado de conocimiento, respectivamente), que permiten la clasificación de los conocimientos de los estudiantes, comparando la descripción de cada categoría con la respuesta ofrecida en el ítem correspondiente. Con esta matriz se evaluó el conocimiento del estudiante en la situación de partida anterior a la propuesta y en la situación posterior (pretest-postest). Se realizaron unas primeras categorías que luego modificó el autor de la investigación, al conocer las respuestas de los estudiantes. Esta modificación afectó aproximadamente, a un 33% de los ítems (4 de 12). De idéntica forma que en la Etapa I, para mejorar la fiabilidad de este instrumento, el contenido de las categorías fue revisado en un proceso intrajuez y consensuado definitivamente por acuerdo interjueces, en los casos de duda. En la validación interjuez intervinieron los mismos profesores del Departamento de Física y Química mencionados con anterioridad. La modificación llevada a cabo en este segundo proceso de validación concernió a un 25% de los ítems del cuestionario (3 de 12).

En este caso no consideramos necesario la utilización del programa Rubistar, que sí utilizamos en la Etapa I para la elaboración de las matrices de valoración, puesto que en este caso solo había que elaborar una matriz.

A modo de recordatorio y, de forma general, señalamos la clasificación de estos niveles:

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

De los registros de análisis de las actividades

Hojas de resultados

A través del análisis de estas hojas, obtuvimos diferente tipo de información. La relativa a aspectos no contemplados en el cuestionario y también la relacionada con aquellos casos en los que, en aquel, no se advirtió mejora significativa de algunos de los aspectos de la propuesta. El análisis de estas hojas arrojó pistas de las dificultades que encontraron los estudiantes en aquellas actividades relacionadas con el aspecto correspondiente. Revisándolas, con otro enfoque, (registro de observación), se determinó, para cada pequeño grupo, el grado de adquisición de aquellos contenidos relativos a la identificación del problema, formulación de hipótesis, forma de expresar las magnitudes, uso de las técnicas de laboratorio, realización de cálculos y redacción de las conclusiones. A continuación, describiremos con más detalle la forma en la que se analizaron estas informaciones.

Para valorar el grado de adquisición de los contenidos procedimentales de la Tabla 8.1, hemos clasificado los niveles de adquisición de los procedimientos en cuatro categorías: 4 (posee la capacidad), 3 (la posee de forma intermedia), 2 (no la posee) y 1 (no interpretable). Se realizaron entre dos y tres iteraciones de codificación para refinar la asignación de estas categorías, todo ello mediante un proceso intrajuez. Finalmente, se sometieron a juicio interjueces (por los mismos compañeros del IES donde se realizó la experiencia) aquellos casos dudosos (un 17% de respuestas, 4 de 24), para concluir acordando la clasificación que finalmente se presenta, por un consenso de mayoría. La matriz de valoración resultante se muestra en el Anexo X (p. 306).

Por ejemplo, en el contenido procedimental que hemos denominado *realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos*, los estudiantes situados en el Nivel 4 de conocimiento realizan estos cálculos de forma correcta, expresando el resultado con las unidades adecuadas. Aquellos que se encuentran en el Nivel 3, cometen errores al realizar la operación matemática, aunque el procedimiento seguido hasta llegar a la expresión final y las unidades utilizadas son correctos. El Nivel 2 corresponde con aquellos estudiantes que realizan la operación matemática sin atender a las unidades en las que debe estar cada magnitud o no despejan la magnitud requerida de forma correcta. Por último, el Nivel 1 queda asignado para

aquellos casos en los que los estudiantes no responden o ponen el resultado final sin haber realizado cálculo alguno.

Es necesario señalar, que el autor de esta investigación y profesor de la asignatura tomó estos datos para cada sesión de trabajo. En cada una de estas sesiones de trabajo no solamente se generó una hoja de resultados, puesto que cada actividad tiene la suya propia y, en cada sesión se realizó más de una actividad. Por tanto, la clasificación de la información recabada en niveles de conocimiento se efectuó de manera conjunta para las actividades de la sesión. En proceso intrajuez, pasada una semana, se volvió a revisar la clasificación de cada sesión.

Como se dijo antes, algunos conocimientos adquiridos durante la propuesta, no incluidos en el cuestionario, se obtuvieron del análisis de la hoja de resultados de la actividad en cuestión. De la misma manera se actuó, para detectar las dificultades de los estudiantes en aquellas actividades de la propuesta que no produjeron mejora significativa en el postest. Aclaremos qué hemos considerado *mejora significativa*. Desde un punto de vista estadístico, el test de *Wilcoxon* nos aportará información sobre la eficacia o no general de la propuesta, como describiremos posteriormente. Sin embargo, existen casos en los que esta eficacia se confirma desde un punto de vista estadístico, pero los conocimientos de los estudiantes no alcanzan el nivel 1,5 (dentro de la escala de 0 a 3 en la que hemos clasificado estos conocimientos). En estos casos, consideramos que los estudiantes no han alcanzado el *aprobado académico* y, por tanto, es necesario averiguar cuáles fueron los motivos.

Las matrices para la valoración de estas hojas se muestran a continuación (tablas 8.4 y 8.5), por motivos de comodidad para su lectura y explicitación. La elaboración de estas matrices sigue las mismas directrices que las utilizadas para los instrumentos anteriores, en lo que se refiere a construcción y validación. Además, puesto que no todas las actividades de la propuesta requieren de experimentación previa (caso de las actividades A1.1 y A1.3, relacionadas con la introducción de los conceptos *volumen* y *masa*, por ejemplo), hemos construido una matriz para el análisis de las *actividades experimentales* (Tabla 8.4) y otra (Tabla 8.5) para las *tareas de lápiz y papel* (las que no necesitan de desarrollo experimental).

Tabla 8.4

Matriz de valoración para las actividades experimentales

Actividad	Nivel			
	0	1	2	3
No contestan. Llegan a conclusiones coincidentes con sus estimaciones inadecuadas, sin describir el proceso experimental seguido.	Llegan a conclusiones inadecuadas debido a errores en el proceso experimental o por una inadecuada interpretación de la actividad. No escriben las conclusiones.	Llegan a conclusiones adecuadas, pero sin detallar con precisión el proceso experimental secundado.	Llegan a conclusiones adecuadas, sin cometer fallos en el proceso experimental y lo explican con detalle.	

Tabla 8.5

Matriz de valoración para las actividades de lápiz y papel

Actividad	Nivel			
	0	1	2	3
No contestan. Continúan con la misma definición inadecuada del concepto mostrado en la estimación.	Cambian las ideas inadecuadas expresadas en las estimaciones, pero siguen mostrando la presencia concepciones alternativas.	Transcriben literalmente la explicación ofrecida por el profesor para el concepto, sin añadir más indicadores de la comprensión del mismo.	La definición ofrecida para el concepto parece fruto de la comprensión por la traducción a sus palabras.	

La asignación de estas categorías al trabajo realizado por los estudiantes en las hojas de resultado siguió las secuencias intra e interjuez descritas en el caso del pre-potest.

Registro de observación de actitudes en el aula

En el caso de las actitudes, valoradas también de forma grupal, consideramos suficiente clasificarlas según el siguiente criterio: 3 (posee la actitud), 2 (no la posee) y 1 (no interpretable). El criterio *la posee de forma intermedia* usado para la evaluación de los contenidos procedimentales ha sido eliminado, puesto que es difícilmente valorable, a través de la observación, conocer si un alumno presenta una actitud a medias. La clasificación de las actitudes en estos niveles se realizó en un

primer momento de forma intrajuez, de forma análoga a la descrita para la asignación de los procedimientos, afectando en este caso a un 22% de las respuestas (2 de 9). La matriz de valoración resultante se presenta en el Anexo XI (p. 308). En ella se explicita cuando decidimos que los estudiantes se encuentran en cada uno de estos niveles.

Así, para la actitud *orden y limpieza en el trabajo* se considera que los estudiantes se encuentran en el Nivel 3 cuando mantienen su lugar de trabajo libre de objetos que impidan el desarrollo apropiado del mismo y limpio, al abandonar la clase. Todas aquellas actitudes contrarias a lo descrito anteriormente, se consideran enmarcadas dentro del Nivel 2. Existen ocasiones en que no ha tenido lugar ningún tipo de manipulación en el laboratorio, por tratarse de una actividad de lectura de texto, u otras en las que el profesor no tuvo tiempo suficiente para realizar una observación adecuada de las actitudes. Para estos casos se reserva la asignación del Nivel 1 (no interpretable).

De la valoración de la propuesta por los estudiantes

Para conocer el grado en el que los estudiantes han valorado la propuesta de enseñanza, el autor de la investigación revisó las respuestas de los cuestionarios del Anexo VIII. Al ser cuestionarios anónimos, no se les pudo preguntar a los estudiantes alguna duda suscitada en la opinión que ofrecían sobre alguna de las cuestiones.

8.2.6. Análisis de resultados

El análisis de los datos de la propuesta, de forma pormenorizada, se realizará en el capítulo siguiente. A continuación, describimos los distintos tipos de estadísticos utilizados en esta etapa.

Del cuestionario

Para el análisis de los resultados del pretest y del postest se utilizan varios tipos de estadísticos. En primer lugar, el estadístico utilizado es de tipo descriptivo,

clasificando a los estudiantes por niveles de conocimientos y realizando un estudio de las frecuencias alcanzadas en los distintos niveles para cada una de las preguntas de los cuestionarios. Las frecuencias se encuentran organizadas en tablas estadísticas, que comparan los resultados del pretest y del postest. Como medida característica de centralización, al igual que en la Etapa I, utilizamos el valor promedio del nivel de conocimiento alcanzado por pregunta, que se representa en gráficas estadísticas para su traducción.

En segundo lugar, se utilizó la prueba de Wilcoxon (prueba no paramétrica para muestras relacionadas) por los siguientes motivos:

- No se cumplen las condiciones de normalidad.
- Se analizan datos obtenidos mediante el diseño antes-después, en el que cada uno de los individuos de la muestra cumple la función de ser su propio control.

Rechazaremos la hipótesis nula (que la propuesta no ha sido efectiva), si el nivel de significación asociado a este estadístico es menor o igual a 0,05 ($p \leq 0,05$).

Por otro lado, no solo es necesario concluir si la propuesta ha resultado o no efectiva, según nos indique la prueba de Wilcoxon. También consideramos preciso conocer el grado de efectividad de la misma, es decir, cuál ha sido la *magnitud del efecto*.

La magnitud del efecto es simplemente una manera de cuantificar la efectividad de una particular intervención, relativa a alguna comparación. Es fácil de calcular y entender, y puede aplicarse a algún resultado medido en educación o ciencias sociales. Este concepto nos permite movernos más allá de la simple pregunta: *¿el método A es efectivo o no?*, a una más sofisticada como: *¿cómo de bien funciona el método A?* (Coe y Merino, 2003, p. 147)

Aunque existen varios métodos para calcular la magnitud del efecto, nosotros vamos a utilizar la *d de Cohen* (medias estandarizadas), que es una medida del tamaño del efecto, comparando los resultados del grupo antes y después de la aplicación de la propuesta. Su cálculo viene dado por la fórmula $d = \frac{M2 - M1}{\sqrt{\frac{DS2^2 - DS1^2}{2}}}$,

siendo *M2* y *M1* el promedio de los resultados obtenidos en el postest y el pretest, respectivamente. *DS1* se refiere a la desviación estándar de los resultados del pretest y *DS2* a la de los resultados del postest.

Valentine y Cooper (2003) señalan las ventajas de usar el *coeficiente de correlación biserial*, r , uno de los más usados, pues su valor es siempre un número decimal que fluctúa entre 0 y 1. La relación entre d y r es la que sigue: $r = \frac{d}{\sqrt{d^2+4}}$

De tal manera que, cuanto mayor sea el valor de r , mayor será el tamaño del efecto.

Cohen (1988), citado en Valentine y Cooper (2003), asignó un tamaño de efecto pequeño si $r = 0,10$; grande si $r = 0,50$; y, medio cuando $r = 0,30$. Basándonos en estos criterios y, con la intención de interpretar de forma cualitativa el tamaño del efecto, nos basaremos en las orientaciones que se presentan en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6

Criterios para clasificar el tamaño del efecto

r	$\leq 0,10$	0,11 - 0,30	0,31 - 0,50	$> 0,50$
Tamaño del efecto	Pequeño	Medio	Grande	Muy grande

Tanto la prueba de Wilcoxon como del coeficiente de correlación lo aplicaremos desde dos perspectivas. En primer lugar, teniendo en cuenta los resultados globales del pre-postest y, posteriormente, analizando cada una de las preguntas de forma independiente.

De los registros de análisis de las actividades

Se utiliza para este análisis un estadístico de tipo descriptivo. Los estudiantes se clasifican en niveles de conocimiento y se realiza un estudio de las frecuencias para cada uno de los ítems procedimentales y actitudinales seleccionados. Las frecuencias se encuentran organizadas en tablas estadísticas, que son traducidas en gráficas estadísticas con el objetivo de observar la evolución de estos contenidos a lo largo de las sesiones. Como medida característica de centralización, utilizamos el valor promedio del conjunto de los equipos de estudiantes en cada una de las sesiones de trabajo para sintetizar el conjunto de los datos.

De la valoración de la propuesta por los estudiantes

La opinión que los estudiantes tienen sobre la forma de afrontar los nuevos aprendizajes es algo fácilmente observable en el día a día de trabajo en el aula. La observación de cómo plantean el desarrollo del trabajo a realizar, de la forma en la que interaccionan con los compañeros y con el profesor y de los intercambios de ideas en los debates de clase, ya son una herramienta para analizar la actitud ante la propuesta. Sin embargo, hemos querido cuantificar esta opinión de una manera más formal a través de la realización de un cuestionario de ocho ítems, redactados de forma positiva y negativa, que se valoran mediante una escala tipo Likert de 1 a 3. Según el grado de acuerdo que presente el estudiante con el ítem que se indica, señala 1, si no está de acuerdo; 2, si es indiferente; y 3, si está de acuerdo con la afirmación. Consideramos una opinión positiva de los estudiantes ante la propuesta cuando la puntuación promedio obtenida en los ítems redactados de forma positiva supera el 1,5; o es inferior a este valor en los ítems redactados negativamente.

Además, a través de la actividad de iniciación-motivación con la que se comienza la propuesta, también se obtienen impresiones sobre el grado de interés que suscita la propuesta en los estudiantes.

Las técnicas estadísticas utilizadas en esta etapa para cada uno de los instrumentos de evaluación se presentan, a modo de resumen, en la Tabla 8.7.

Tabla 8.7

Técnicas estadísticas utilizadas en la Etapa III del estudio

Instrumentos de evaluación	Técnica
Cuestionario	Estudio de índices descriptivos en cuestionarios, estudio de las frecuencias organizadas en tablas estadísticas y traducidas en las correspondientes gráficas. Utilización de la media como medida característica de centralización. Prueba de Wilcoxon. Estudio de coeficientes de correlación.
Hojas de resultados y registro de observación de actitudes	Estudio tipo descriptivo mediante frecuencias organizadas en tablas estadísticas traducidas en gráficas. Utilización de la media como medida característica de centralización.
Revisión de actitudes hacia la propuesta	Estudio descriptivo de la actividad de iniciación-motivación, observación de los estudiantes durante el desarrollo de la propuesta y escala tipo Likert.

De la misma forma que hicimos en las etapas anteriores, en la Figura 8.5 se esquematiza la estructura de esta etapa.

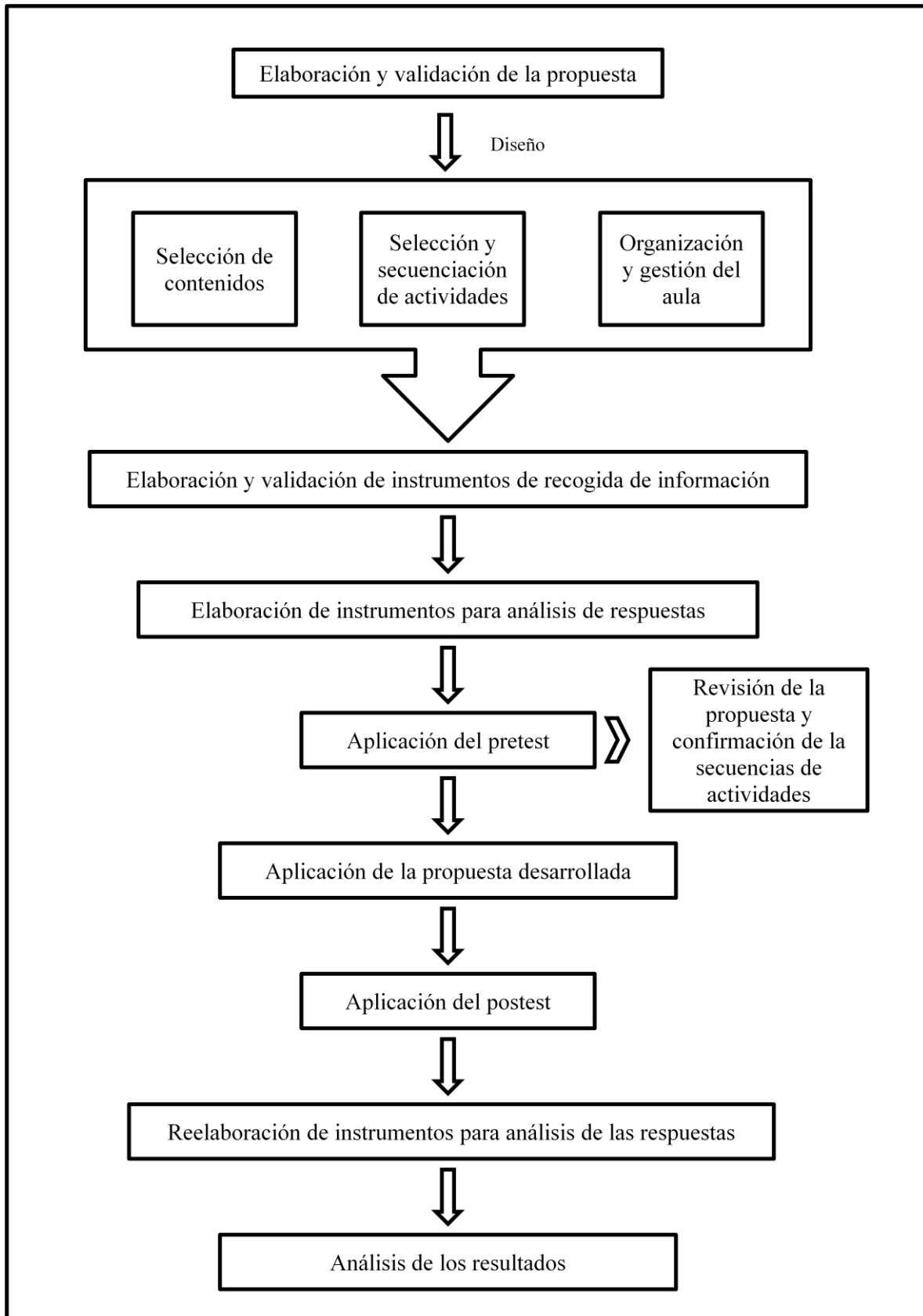


Figura 8.5. Estructura de la Etapa III.

**CAPÍTULO 9. RESULTADOS DE LA ETAPA III. PROPUESTA
DE ENSEÑANZA**

9. RESULTADOS DE LA ETAPA III. PROPUESTA DE ENSEÑANZA

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la propuesta de enseñanza cuyo diseño se describió en el capítulo anterior. En primer lugar, detallamos los resultados procedentes del pretest, y su relación con las actividades de la propuesta. Posteriormente, realizaremos una comparativa entre los resultados obtenidos antes y después de la aplicación de la propuesta. A continuación, nos centraremos en la descripción de los resultados obtenidos a partir de las hojas de trabajo y la observación en clase, que forman parte del diario del profesor.

Asimismo, se recogen los resultados del cuestionario de valoración de los estudiantes ante la propuesta de enseñanza, pues creemos que es un factor importante que puede contribuir a mejorar el diseño futuro de otras propuestas.

9.1. Resultados del pretest

En la Tabla 9.1 se recogen los resultados procedentes de la aplicación del pretest a la muestra de estudiantes. En la primera columna aparece la relación de las preguntas de investigación específicas de la Etapa III, relacionando cada una de estas preguntas con su ítem correspondiente del pretest. Seguidamente, se presentan los porcentajes de estudiantes que han alcanzado cada uno de los niveles de conocimiento marcados para cada ítem del pretest y el nivel promedio alcanzado por la muestra en cada uno de estos.

Tabla 9.1

Resultados del pretest

Preguntas de investigación	Pregunta (Ítem)	Estudiantes que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
		0	1	2	3	
1. ¿Conocen los conceptos de <i>volumen</i> y <i>masa</i> , sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?*	1	82	12	0	6	0
	2 a	82	6	8	4	0,4
	2 b	78	4	0	18	0,6
	2 c	71	8	2	18	0,7
	2 d	82	12	4	2	0,3
	3	24	29	0	47	1,7
2. ¿Entienden la dependencia del <i>volumen desalojado</i> por un sólido inmerso totalmente en un líquido?	4	41	12	6	41	1,5
3. ¿Reconocen las condiciones de conservación de la <i>masa</i> y del <i>volumen</i> ?	5 a	16	6	55	22	1,8
	5 b	47	41	8	4	0,7
	6 a	55	20	22	2	0,7
	6 b	35	33	22	10	1,1
	7	55	2	20	22	1,1
4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i> ?	8 a	14	49	8	29	1,5
	8 b	41	37	12	10	0,9
5. ¿Reconocen el concepto <i>densidad</i> y lo utilizan para la identificación de sustancias?	9	61	20	16	2	0,6
6. ¿Utilizan la <i>densidad</i> para justificar el fenómeno de la <i>flotación</i> ?	10	22	24	6	47	1,8
7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la <i>densidad</i> ?	11	76	4	4	16	0,6
8. ¿Diferencian los conceptos <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i> ?	12	73	6	20	0	0,5

*Recordamos que, en relación con la Pregunta de investigación 1 de esta etapa, en el test no se analizó si conocían los conceptos de *volumen* y *masa*, sino su aplicación a situaciones ordinarias, aunque sí se realizaron actividades al respecto. En la presentación de los resultados, que se hará seguidamente, haremos referencia a las respuestas de los estudiantes en estas actividades.

A continuación, comentamos los aspectos fundamentales de las respuestas de los estudiantes en cada uno de los ítems, clasificados según la pregunta de investigación a la que pertenecen. A modo de recordatorio, señalamos también la temática de la que trataba cada uno de estos ítems.

Pregunta de investigación 1: ¿Conocen los conceptos de *volumen* y *masa*, sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?

La primera pregunta de investigación se encuentra relacionada con los ítems 1, 2 y 3 del pretest.

Ítem 1. Cálculo matemático del volumen. En este ítem la mayoría de los estudiantes presenta niveles de conocimiento bajo (un 82% en el Nivel 0 y un 12% en el Nivel 1), mientras que tan solo un 6% se encuentra en el Nivel 3. De entre los estudiantes situados en el Nivel 0, la mayoría de ellos no se han atrevido a contestar a la pregunta planteada y, los que se encuentran en el Nivel 1, no tienen claro cómo realizar los cambios de unidades a una misma unidad que les permita realizar la operación. La dificultad principal se plantea en el paso de cm^3 a ml. Para solventar estas dificultades estaba planificada la Actividad A1.1, en la se propone estudiar la equivalencia entre estas unidades a través de dos latas de refresco en las que los volúmenes se encuentran expresados en las unidades mencionadas.

Ítem 2. Metodología a seguir para conocer el volumen de diferentes objetos. Este ítem se encuentra dividido en cuatro apartados (*a*, *b*, *c* y *d*), que han sido analizados de forma independiente. En todos ellos, los estudiantes que se encuentran en el Nivel 0 de conocimiento, rondan porcentajes que van desde 71% a 82%. De estos, los mejores resultados se observan en los apartados *b* y *c*, relativos al proceso de medición del *volumen* de una sortija y del agua contenida en un vaso, respectivamente; con un 16% del alumnado situado en el Nivel 3. Aún así, los resultados distan de ser buenos. Llama la atención el número elevado de estudiantes que pretenden medir el *volumen* mediante una balanza, lo cual refleja lo alejado que se encuentra de la realidad el concepto de *volumen* para estos estudiantes. Con el objetivo de solventar estas dificultades, se habían diseñado las actividades A2.1, A3.1, A1.2 y A3.2, que hacen referencia a cada uno de los apartados de este ítem.

Ítem 3. Cálculo matemático de la masa. Los resultados obtenidos en el Ítem 3 son mejores que los de sus predecesores. Mientras que un porcentaje algo superior al

50% de estudiantes se los reparten, casi por igual, los niveles 0 y 1; el resto se sitúan en el Nivel 3. Como ya venimos comentando a lo largo de este trabajo, las unidades de *masa* (magnitud fundamental) presentan un mayor conocimiento por el alumnado. Aún así, se desarrollaron cuatro actividades relacionadas con la medición de esta magnitud (A1.3, A2.3, A3.3 y A4.3), la primera de ellas para introducir el concepto y, el resto, para experimentar su medición en cada uno de los estados de agregación de la materia. Si bien, como puede observarse en el pretest, por razones de no presentar un instrumento de evaluación demasiado amplio y porque es más común en la vida diaria la medición de las masas de sustancias sólidas que las de los otros dos estados, el Ítem 3 solo evalúa el cálculo de masas en sólidos (frutas en este caso).

Pregunta de investigación 2: ¿Entienden la dependencia del *volumen desalojado* por un sólido inmerso totalmente en un líquido?

Aunque esta pregunta de investigación está muy relacionada con la medición de volúmenes de objetos irregulares sólidos, consideramos que merece un trato diferenciado. Esta decisión se justifica, en primer lugar, porque la experiencia docente y los resultados de la Etapa I nos indican que los estudiantes siguen teniendo dificultades a la hora de comprender de qué depende el *volumen* que desaloja un líquido cuando se sumerge un sólido en él. En segundo lugar, estimamos que la asimilación de este contenido es fundamental para la comprensión de fenómenos que se estudiarán posteriormente, como el principio de Arquímedes.

Ítem 4. Asignación de volúmenes de líquido desplazado a objetos de diferente volumen y masa. En este ítem se les solicita a los estudiantes que razonen qué objeto desplazará mayor *volumen* al sumergirlo totalmente en un líquido, un huevo o un trozo de hierro, sabiendo que el huevo tiene mayor tamaño pero menor *peso* (*masa*) que el trozo de hierro. Los resultados obtenidos presentan dos extremos diferenciados con el mismo porcentaje. Los niveles 0 y 3 alcanzan porcentajes del 41% por igual. Mientras que la mayoría de los estudiantes situados en el Nivel 0 no contestan a la pregunta planteada, los que se posicionan en el Nivel 3 tienen claro que “el *volumen* de líquido desalojado no depende ni del *peso* del sólido ni de la profundidad a la que se sumerja”. Con el objetivo de inclinar la balanza hacia el Nivel 3 se ha diseñado la Actividad A2.2.

Pregunta de investigación 3: ¿Reconocen las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*?

Esta pregunta de investigación se encuentra vinculada a los ítems 5, 6 y 7, estando los dos primeros divididos a su vez en dos apartados, con el objetivo de facilitar la obtención de la información y el análisis de los resultados.

Ítem 5. Conservación o no de la masa y el volumen al triturar una piedra. Los resultados asociados a este ítem revelan dos aspectos fundamentales. En relación al Apartado a, la mayoría de los estudiantes responden que “la *masa* de una piedra no cambia cuando se tritura” pero, sin embargo, un porcentaje elevado del total no justifica la respuesta (55%). Por otro lado, a pesar del nivel alcanzado de conocimiento en este apartado (1,8), no tenemos seguridad de que realmente tengan asimilado que la *masa* de los objetos no varía con los cambios de forma de estos. En el otro extremo se sitúa el aspecto relacionado con la conservación del *volumen* para el mismo fenómeno (Apartado b). Un 88% de los estudiantes se sitúan entre los niveles 0 y 1. Las respuestas, en su generalidad, se refieren a la asociación de los cambios de forma a los cambios de *volumen*. La actividad que se relaciona con este ítem es la A1.4. Si bien en ella no aparece que el alumnado compruebe experimentalmente si el cambio de forma está relacionado con el cambio de *volumen*. Por motivos de no extender demasiado las actividades desarrolladas, se plantearon todas las actividades relacionadas con la Pregunta de investigación 3 en relación a la conservación de la *masa*, tratándose el aspecto relativo a la conservación del *volumen* de forma oral y en la puesta en común de la actividad correspondiente.

Ítem 6. Conservación o no de la masa y el volumen en un cambio de estado. En este caso, como comentamos anteriormente, los resultados se invierten. Los estudiantes, en su mayoría (55%), o no responden, o indican que en “un cambio de estado se modifica la *masa* de las sustancias”. Para la conservación del *volumen*, los porcentajes se encuentran más repartidos aunque en menor grado para el Nivel 3 (10%). Esta mejora de resultados para la cuestión de la conservación del *volumen* en los cambios de estado, creemos está relacionada, como ya comentamos

previamente, con los cambios de forma, pues los estudiantes asocian ambos cambios. Con la finalidad de solventar estas dificultades se encontraba la Actividad A2.4.

Ítem 7. Conservación o no de la masa y el volumen en el proceso de disolución de una pastilla efervescente en agua. Los resultados obtenidos para este ítem revelan que la mayoría del alumnado de la muestra (55%) no responde a la actividad que se les plantea. El resto de porcentajes, exceptuando un 2% que se sitúa en el Nivel 1, se los reparten los niveles 2 y 3, casi por igual. Teniendo en cuenta que, en el proceso de disolución de una pastilla efervescente en agua, existe un desprendimiento de gases y que el recipiente al que se refiere la cuestión planteada no estaba tapado, a los estudiantes que respondieron que la *masa* sí variaba y lo justificaban de esta forma le dimos por correcta la respuesta. Para diferenciar un proceso de disolución de una reacción química, se habían diseñado las actividades A3.4 y A4.4.

Pregunta de investigación 4: ¿Comprenden la relación entre los conceptos *volumen, masa y densidad*?

La cuarta pregunta de investigación se vincula al Ítem 8, el cual se divide en dos apartados. El primero de ellos se refiere a la justificación de la diferente *masa* que poseen dos objetos de igual *volumen* y diferente material y, el segundo, a la misma *masa* que pudieran tener dos objetos de distinto *volumen*, siendo el más denso el más pequeño.

Ítem 8. Coincidencia de la masa y/o el volumen de bolas de materiales de diferentes densidades. Los resultados que hacen referencia a este ítem son muy dispares en cada uno de los apartados en los que se divide. En el Apartado *a*, un porcentaje alto de estudiantes (29%) hacen referencia a la *densidad* para justificar la diferencia de *masa*. Sin embargo, un 49% sigue alegando la diferencia de *masa* entre los dos objetos a que “el acero pesa más que la madera”. Por otro lado, en el Apartado *b*, son muchos los estudiantes que no responden a la pregunta planteada (41%). Para abordar estas dificultades se habían planteado las actividades A2.5 y A3.5, donde los estudiantes experimentaron los aspectos relacionados con este fenómeno.

Pregunta de investigación 5: ¿Reconocen el concepto *densidad* y lo utilizan para la identificación de sustancias?

Esta pregunta de investigación se encuentra relacionada con el Ítem 9.

Ítem 9. Cálculos de cocientes masa/densidad y conclusiones del resultado obtenido. Los resultados de este ítem revelan que una gran parte de los estudiantes de la muestra (61%) no realizan los cálculos que se les plantea y que un 20% no identifica la propiedad que está calculando con la *densidad*. En relación con este tipo de dificultades se encuentra la Actividad A1.5 de forma específica, que al ser una actividad de introducción de conceptos, en concreto la *densidad*, se realizó antes que las actividades A2.5 y A3.5. Además, para que los estudiantes tuvieran conocimiento de la diferente *densidad* que poseen las sustancias dependiendo de su estado de agregación, se había planteado la Actividad A1.6, aunque este aspecto no se evaluó directamente en el pretest.

Pregunta de investigación 6: ¿Utiliza la *densidad* para justificar el fenómeno de la *flotación*?

El Ítem 10 se encuentra vinculado con esta pregunta de investigación.

Ítem 10. Justificación de la flotación de dos cubos de diferente material. Los resultados obtenidos para este ítem muestran que casi la mitad de los estudiantes de la muestra (47%) justifican la *flotación* de cuerpos a través de la *densidad*. Sin embargo, una parte importante sigue afirmando que “la *flotación* tiene que ver con el poco peso del objeto” (24%) o, simplemente, no contestan a la pregunta (22%). La Actividad A2.6 abordó estos aspectos.

Pregunta de investigación 7: ¿Explica fenómenos relacionados con gases a través de la *densidad*?

Esta pregunta de investigación se relaciona con el Ítem 11.

Ítem 11. Idoneidad de la colocación de una rejilla de seguridad para el escape de gases en la parte alta de una cocina. El hecho de que un 76% de los estudiantes no contesten acerca de la idoneidad de colocar una rejilla de seguridad para gases en la parte superior de una cocina, tras proporcionar datos de las densidades del butano y del aire, se había anticipado en el diseño de una actividad efectiva. Para ello, la Actividad A4.6 invitó al alumnado a que estudie este fenómeno en sus propias casas.

Pregunta de investigación 8: ¿Diferencian los conceptos *densidad* y *viscosidad*?

Por último, la Pregunta de investigación 8 se encuentra relacionada con el Ítem 12.

Ítem 12. Justificación de la diferencia entre la densidad y la viscosidad mediante la inmersión de una bola de caucho en mayonesa y en agua. Resultados muy similares al ítem anterior (73% de estudiantes que no contestan a la pregunta planteada). En este caso, a través de un artículo periodístico en el que se explicaba cómo se extraía el fuel del Prestige hundido, correspondiente a la Actividad A1.7, se acometió el tratamiento de estos obstáculos.

9.2. Resultados del postest y comparación con el pretest

Dentro de este apartado, se presentan los resultados del cuestionario una vez aplicada la propuesta de enseñanza (postest). Hemos dividido la presentación de los resultados en dos partes. La primera se refiere a la evaluación general de la propuesta, es decir, se analiza si la propuesta, de forma global, ha originado una evolución positiva en la comprensión de los fenómenos relacionados con el *volumen*, la *masa* y la *densidad*. En la segunda parte, estudiamos la eficacia de la propuesta

en relación con las preguntas de investigación planteadas, de manera similar al apartado anterior. En cada caso, se han utilizado las técnicas estadísticas mencionadas en el capítulo anterior con la aplicación para el análisis de datos estadísticos SPSS (versión 23.0).

Del total de 49 cuestionarios que forman parte de la muestra de estudio no se rechazó ninguno a la hora de su análisis. En un caso, uno de los estudiantes no pudo realizar el postest por enfermedad de dos días y, en el momento de su incorporación al centro, realizó la prueba de forma individual y en condiciones similares al resto del grupo.

9.2.1. Eficacia general de la propuesta

En la Tabla 9.2 se muestran las puntuaciones totales obtenidas por cada uno de los estudiantes tras la realización del cuestionario, antes y después de la aplicación de la propuesta (pretest-postest), así como el promedio de ambas. No hemos realizado ningún tipo de diferenciación para la presentación y análisis de los resultados entre los grupos, que eran homogéneos, como ya se indicó, y puesto que el desarrollo de la propuesta y la aplicación de los cuestionarios se realizaron en las mismas condiciones y por el mismo profesor.

La puntuación total máxima que podría alcanzar cada estudiante sería de 36 puntos, 3 puntos por cada una de las 12 preguntas del cuestionario. Se observa que, en la puntuación promedio obtenida, se produce una mejora de más de 8 puntos entre las situaciones antes y después del desarrollo de la propuesta.

Tabla 9.2

Resultados de las puntuaciones de los estudiantes en los dos cuestionarios

Estudiante	Puntuación total del cuestionario	
	Pretest	Postest
1	13	19
2	13	19
3	18	27
4	22	26
5	8	17
6	21	30
7	15	25
8	16	19
9	13	15
10	14	28
11	14	31
12	14	19
13	15	17
14	17	28
15	6	10
16	14	14
17	15	22
18	6	11
19	5	8
20	12	14
21	15	23
22	25	30
23	11	19
24	4	18
25	13	19
26	7	22
27	13	25
28	13	30
29	8	18
30	3	8
31	13	30
32	5	20
33	7	17
34	8	19
35	23	32
36	10	14
37	17	30
38	6	17
39	19	20
40	1	13

Tabla 9.2

Resultados de las puntuaciones de los estudiantes en los dos cuestionarios (continuación)

Estudiante	Puntuación total del cuestionario	
	Pretest	Postest
41	7	11
42	9	17
43	12	22
44	6	20
45	7	13
46	14	24
47	9	18
48	22	28
49	11	20
Promedio	12,0	20,3

Al introducir estos datos en el programa SPSS obtenemos los resultados que se presentan en la Figura 9.1, de donde se deduce que el valor estandarizado para la W de Wilcoxon para estos datos es $Z=-6.036$ ($p=0,00$). Este análisis muestra que al ser el grado de significación asociado al estadístico de contraste inferior al nivel de significación ($\alpha=0,05$), la propuesta de enseñanza ha mejorado, de forma general, el conocimiento de los estudiantes sobre el *volumen*, la *masa* y la *densidad* y, por tanto, es una propuesta efectiva.

El coeficiente de correlación, r , que nos sirve para calcular la magnitud del efecto resulta ser de 0,57. Comparando este resultado con la Tabla 8.6, donde figuran los criterios para clasificar el tamaño del efecto, observamos que la clasificación de este resultado es de *muy grande*. Es decir, la propuesta de enseñanza no solo es efectiva, sino que podemos considerar que el grado de efectividad ha sido muy alto.

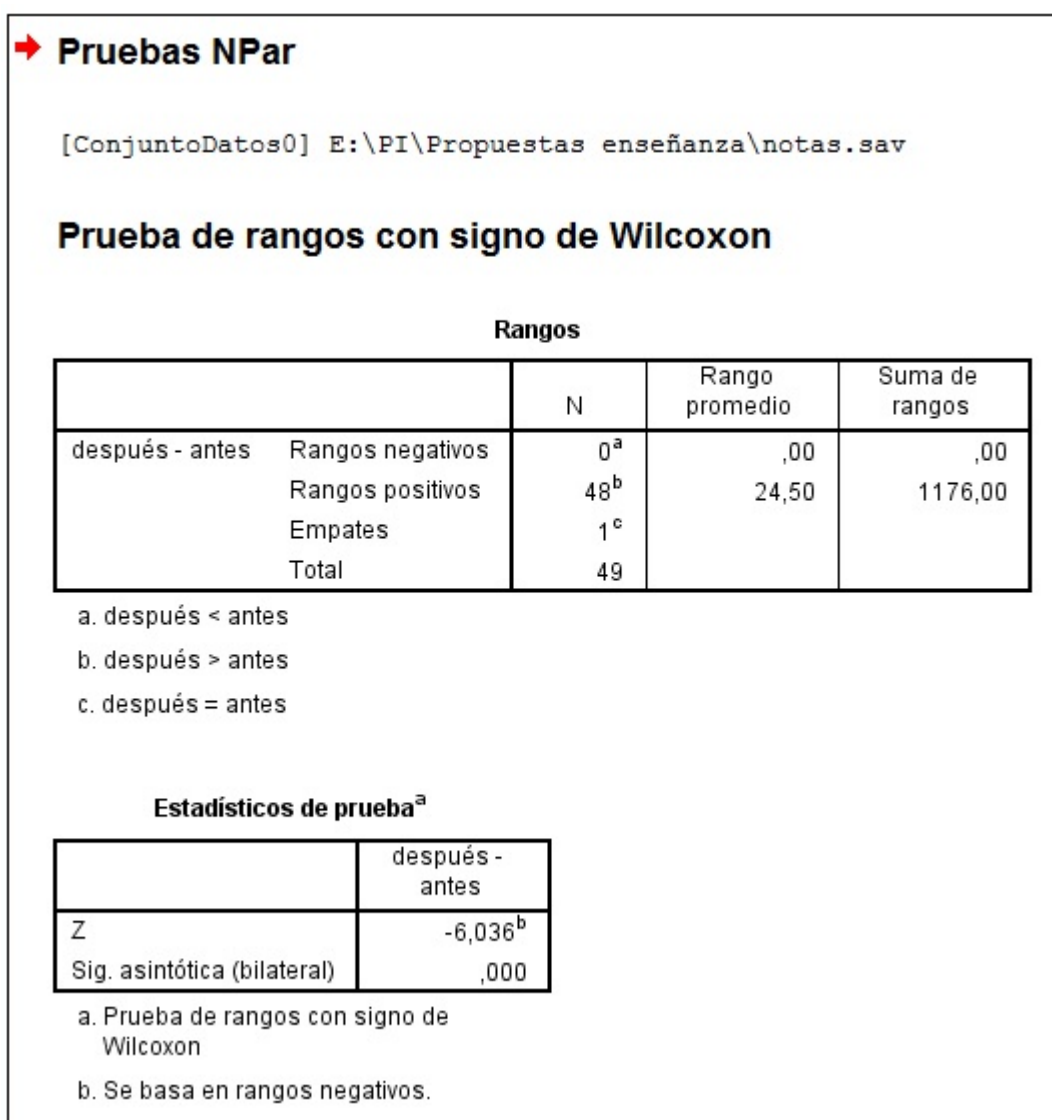


Figura 9.1. Resultados ofrecidos por el programa SPSS para el análisis de los resultados generales de la propuesta.

Además, no consideramos que sea suficiente centrarnos únicamente en comprobar la efectividad de la propuesta. También es necesario saber si la prueba ha sido superada por los estudiantes, es decir, si la puntuación final es superior a la mitad del máximo posible (18 puntos) y, por tanto, ha conseguido el *aprobado académico*. Como se observa en la Tabla 9.2, en la puntuación promedio del pretest los estudiantes se quedan seis puntos por debajo del aprobado. Sin embargo, tras el desarrollo de la propuesta esta puntuación supera en algo más de dos puntos el mínimo para considerar superada el test. El porcentaje de estudiantes que obtienen una puntuación de 18 puntos o superior se sitúa en un 67,3 %.

9.2.2. Eficacia de la propuesta relativa a cada pregunta de investigación

En la Tabla 9.3 se presentan los resultados estadísticos para cada uno de los ítems (preguntas) del cuestionario. En la columna de la izquierda se muestra la relación de las ocho preguntas de investigación, que se relacionan con cada uno de los ítems del pretest-postest. En la siguiente columna se expone una comparativa del nivel de conocimiento promedio que han alcanzado los estudiantes en cada una de las preguntas antes y después de la aplicación de la propuesta de enseñanza (pretest-postes).

Finalmente, aparecen dos indicadores que nos servirán, como ya comentamos anteriormente, para valorar si la propuesta ha sido efectiva y, además, en qué grado ha resultado efectiva. Se trata del grado de significación p asociado al estadístico Z , y del coeficiente de correlación, r .

Tabla 9.3

Resultado para cada pregunta (ítem) del cuestionario

Preguntas de investigación	Pregunta (ítem)	Promedio del nivel alcanzado		Z	r
		Antes	Después		
1. ¿Conocen los conceptos de <i>volumen</i> y <i>masa</i> , sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?	1	0	1,1	-3,469 ($p=0,001$)	0,53
	2 a	0,4	1,6	-4,280 ($p=0,00$)	0,46
	2 b	0,6	1,5	-3,702 ($p=0,00$)	0,32
	2 c	0,7	1,5	-3,061 ($p=0,001$)	0,30
	2 d	0,3	0,6	-2,156 ($p=0,015$)	0,17
	3	1,7	2,3	-2,875 ($p=0,004$)	0,24
2. ¿Entienden la dependencia del <i>volumen desalojado</i> por un sólido inmerso totalmente en un líquido?	4	1,5	2,3	-2,244 ($p=0,025$)	0,30
3. ¿Reconocen las condiciones de conservación de la <i>masa</i> y del <i>volumen</i> ?	5 a	1,8	2,3	-3,582 ($p=0,00$)	0,26
	5 b	0,7	1,2	-2,530 ($p=0,011$)	0,26
	6 a	0,7	1,3	-2,653 ($p=0,008$)	0,28
	6 b	1,1	1,8	-3,659 ($p=0,00$)	0,33
	7	1,1	2,0	-3,517 ($p=0,00$)	0,32
4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos <i>volumen</i> , <i>masa</i> y <i>densidad</i> ?	8 a	1,5	1,6	-0,686 ($p=0,490$)	0,05
	8 b	0,9	1,3	-2,095 ($p=0,037$)	0,19
5. ¿Reconocen el concepto <i>densidad</i> y lo utilizan para la identificación de sustancias?	9	0,6	2,0	-5,561 ($p=0,00$)	0,63
6. ¿Utilizan la <i>densidad</i> para justificar el fenómeno de la <i>flotación</i> ?	10	1,8	2,0	-1,210 ($p=0,226$)	0,09
7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la <i>densidad</i> ?	11	0,6	1,5	-3,964 ($p=0,00$)	0,34
8. ¿Diferencian los conceptos <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i> ?	12	0,5	1,6	-4,918 ($p=0,00$)	0,46

A continuación se analizan los resultados de la Tabla 9.3 en función de las preguntas de investigación fijadas, describiendo las respuestas ofrecidas por los grupos de estudiantes. Asimismo, a modo de ejemplo, se comentan algunas de las hojas de resultados para las actividades relacionadas con cada una de las preguntas de investigación.

En un apartado posterior, realizaremos un análisis pormenorizado de una selección de actividades: las que contienen aspectos que no fueron evaluados en el pre-postest y también las que no consiguieron, en su ítem correspondiente, alcanzar una puntuación igual o superior a 1,5 (aprobado académico).

Pregunta de investigación 1: ¿Conocen los conceptos de *volumen* y *masa*, sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?

Con respecto a la primera parte de la pregunta, la relativa al conocimiento de los conceptos *volumen* y *masa*, adelantamos algunos resultados que serán analizados con más detalle en el Apartado 9.3. La Actividad A1.1 (¿Qué es el *volumen*?) revela que los estudiantes aportan definiciones adecuadas del concepto y conocen las unidades más comunes en las que puede expresarse esta magnitud. Sin embargo, la mayoría de ellos no tiene claro la equivalencia entre las unidades derivadas del litro y las que derivan del m^3 . Por otro lado, en la Actividad A.1.3 (¿Qué es la *masa*?) las tres cuartas partes del alumnado aporta definiciones satisfactorias y el resto parece confundirlo con *peso*.

La segunda parte de la pregunta, relacionada con el cálculo de estas magnitudes en situaciones de la vida cotidiana, se analiza a través de los ítems 1, 2 y 3 del cuestionario.

Ítem 1. Cálculo matemático del volumen. Desde el punto de vista estadístico, se observa que la propuesta de enseñanza mejora los conocimientos de los estudiantes al respecto, alcanzando el tamaño del efecto un valor *muy grande*. Sin embargo, el conocimiento promedio alcanzado se encuentra superando levemente el Nivel 1, partiendo de un nivel inicial de 0, lo cual indicaría que el alumnado sigue sin alcanzar el aprobado académico tras la propuesta. Las respuestas ofrecidas por los estudiantes, en su gran mayoría, siguen presentando errores asociados al cambio de unidades entre el cm^3 y el resto de unidades derivadas del litro, como también se observa en la realización de la Actividad A1.1. De aquí se deduce que no han asimilado, de forma correcta, la equivalencia que existe entre ellas.

En la Figura 9.2 se muestra la respuesta del Estudiante 10 para la Pregunta 1 en el postest. Este mismo estudiante dejó esta pregunta sin respuesta en el pretest, sin embargo, tras la aplicación de la propuesta, razona la forma en la que se ha realizado la operación y no comete errores en el cambio de unidades.

1. Si mides un volumen de agua de 80 cm^3 y lo colocas en un recipiente, y dos compañeros tuyos añaden a ese mismo recipiente 8 ml , por un lado y, 4 cl por otro. ¿Cuál es el volumen total de agua que tendrás en el recipiente? ¿Por qué? $80 \text{ cm}^3 = 80 \text{ ml} / 4 \text{ cl} = 40 \text{ ml}$. ~~→ volumen total: 80~~

↳ porque han añadido más agua haciendo que el volumen incremente.

↳ $80 + 40 + 8 = 128 \text{ ml} = 128 \text{ cm}^3$

Figura 9.2. Respuesta ofrecida por el Estudiante 10 en el Ítem 1 del postest

De entre las actividades diseñadas en la propuesta que guardan relación con esta pregunta de investigación y, específicamente, con el Ítem 1, presentamos los resultados obtenidos por el Grupo 9 de estudiantes para la Actividad A1.1 (Apartado c). Esta actividad constaba de tres partes (Anexo XIII) y, en la tercera de ellas, se pedía que cada componente ordenara de forma creciente, los volúmenes de tres latas de refresco expresados en diferentes unidades (Figura 9.3).

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: 1ª lata $0,33 \text{ l} \rightarrow 3,3 \text{ dl} \rightarrow 3,3 \text{ cm}^3$
 2ª lata 350 cm^3
 3ª lata $333 \text{ ml} \rightarrow 3,33 \text{ dl} \rightarrow 3,33 \text{ cm}^3$

Componente 2: $3,30 \text{ cm}^3 < 3,33 \text{ cm}^3 < 350 \text{ cm}^3$
 $1^a < 3^a < 2^a$

Componente 3: La primera lata es la más pequeña porque tiene menor densidad es la 2ª que es la que más cm^3 tiene y la que tiene mayor tiene menos cm^3 , después la 3ª lata tiene más ml que la primera y la segunda es la que tiene más cm^3

Figura 9.3. Respuestas ofrecidas por el Grupo 9 para la Actividad A1.1, Apartado c

Se observa que, en este caso, todos los componentes de este grupo ordenan de forma correcta los volúmenes, realizando el cambio de unidades correspondiente para poder realizar la comparación. Tras la resolución de esta parte de la actividad y puesta en común de las conclusiones obtenidas, concluyen que su resultado coincide con las estimaciones iniciales, aunque no añaden nada más (Figura 9.4).

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):

Si coincide

Figura 9.4. Conclusiones del Grupo 9 para la Actividad A1.1, Apartado c

Los apartados *a*, *b* y *c* de esta actividad, los dos últimos relacionados directamente con los contenidos que evalúa este ítem, serán analizados con más detalle en el apartado siguiente.

Ítem 2. Metodología a seguir para el cálculo del volumen de diferentes objetos. En este caso los resultados estadísticos son favorables en todos los apartados, alcanzando el tamaño del efecto un valor *muy grande* en los apartados *a* y *b*, y un valor *medio* en los apartados *c* y *d*. El único apartado de este ítem que no ha alcanzado el valor de 1,5 es el Apartado *d*, relacionado con la Actividad A3.2 (¿Cómo medirías el *volumen* de gases?), que se concretó en medir la capacidad pulmonar, sin que se tenga seguridad de que ello sirviera para que generalizaran el procedimiento de recoger gases, como se describe más adelante. De cada uno de los apartados destacamos:

- Apartado *a*. Los estudiantes razonan la medición del *volumen* del cilindro de madera. Si bien, es cierto que creen más adecuado realizar esta medida por “desplazamiento de *volumen*”, al sumergirlo totalmente en un líquido, que usando instrumentos como un metro o una regla y, seguidamente, aplicar su ecuación matemática.
- Apartado *b*. En el caso del *volumen* del anillo que, aunque no es un sólido irregular, el cálculo de su *volumen* por medida directa y aplicación de ecuación matemática resultaría complejo, las respuestas son correctas en su mayoría. Acuden para este caso al *volumen* que desplaza en su inmersión completa en un líquido.
- Apartado *c*. La lectura inadecuada de lo que realmente se pide en este apartado lleva a que algunos estudiantes quieran medir el *volumen* del agua contenida en el vaso “llevando el vaso a la balanza y pesándolo”. También podría demostrar que no han llegado a diferenciar totalmente la *masa* del *volumen* a este respecto.
- Apartado *d*. La respuesta del apartado anterior se repite en mayor grado en este caso. Esto confirmaría nuestra sospecha de la no diferenciación entre *masa* y *volumen*. Aún así, obtenemos más conclusiones a este respecto con el análisis de la Actividad A3.2 que se llevará a cabo en el Apartado 9.3.

En la Figura 9.5 podemos observar las respuestas del Estudiante 38 para este ítem. Al igual que ocurriera con el Ítem 1 del estudiante anterior, esta quedó sin responder en el pretest.

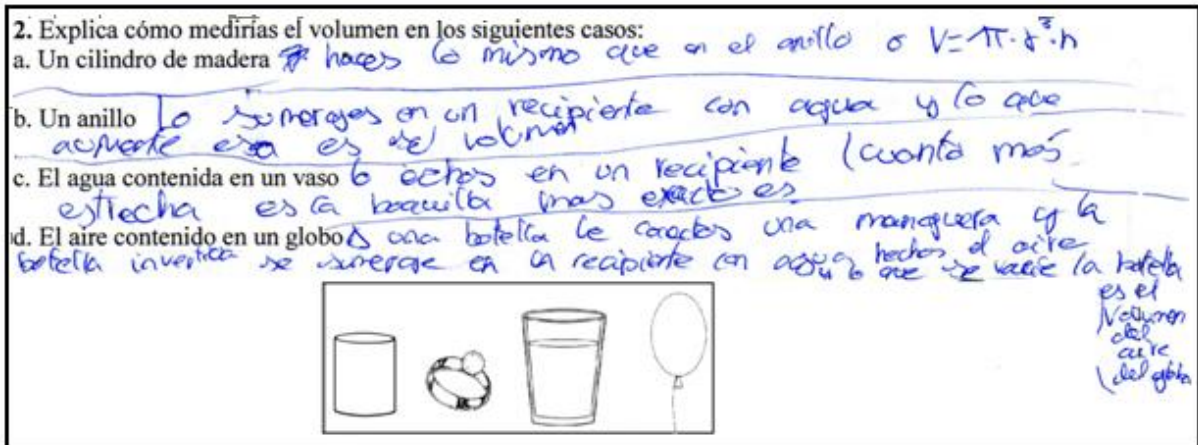


Figura 9.5. Respuesta ofrecida por el Estudiante 38 en el Ítem 2 del postest

La Actividad A1.2 de la propuesta de enseñanza se encuentra relacionada con el Ítem 2, Apartado c. En ella, los estudiantes deben estimar, en primer lugar y, posteriormente, comprobar si una bola de metal, más pequeña pero más pesada que un huevo, desplazará más o menos *volumen* de líquido al sumergirse en este. La finalidad principal que se persigue con esta actividad es que los estudiantes entiendan cómo es posible medir de forma rápida y sencilla el *volumen* de sólidos irregulares o de compleja medición, como es el caso de un huevo. E incluso, para el caso de volúmenes de sólidos regulares como una esfera, también serían fácilmente medibles. Pero hemos aprovechado esta actividad para ir introduciendo la dependencia del *volumen* que desplaza un sólido al sumergirse totalmente en un líquido, de ahí que se le pregunte al estudiante que estimen cuál de los dos sólidos, huevo y esfera de metal, desplazarían mayor *volumen*.

Las respuestas ofrecidas por el Grupo 5 de estudiantes se muestran en la Figura 9.6 El primero de los componentes se decanta por un mayor desplazamiento por la bola de metal, aunque no justifica su respuesta. Es de destacar la estimación del Componente 3 que, eligiendo la respuesta correcta, plantea su razonamiento en torno a “la absorción de agua y al peso”.

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: Yo pienso que la bola de metal desplaza más agua que el huevo.

Componente 2: ~~La bola de El trozo de metal~~ El huevo subirá más el agua.

Componente 3: el huevo va a subir más el agua porque al estar más hueco el huevo absorberá más agua por lo que pesará más.

Figura 9.6. Respuestas ofrecidas por el Grupo 5 para la Actividad A1.2

Una vez se han puesto en común los resultados de los grupos, todos llegan a la conclusión correcta, corrigiendo sus estimaciones iniciales (Figura 9.7).

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):

Todos coinciden en que el huevo desplaza más agua.

Figura 9.7. Conclusiones del Grupo 5 para la Actividad A1.2


Ítem 3. Cálculo matemático de la masa. Los resultados en este ítem, al igual que ocurriera en el pretest, son mejores que los obtenidos para el *volumen* y la propuesta favorece la asimilación del concepto, alcanzando el tamaño del efecto un nivel *medio*. Este ítem nos ofrece niveles de conocimiento antes de la aplicación de la propuesta (1,7) y tras la finalización de la misma (2,3), que superan en ambos casos el aprobado desde el punto de vista académico. El cambio de unidades de *masa* les resulta más sencillo que en el caso del *volumen*, sobre todo por la dificultad que les supone, como ya comentamos anteriormente, la asimilación de la equivalencia entre las unidades derivadas del m^3 y las que derivan del litro.

En la Figura 9.8 podemos ver las diferencias entre las respuestas ofrecidas por un mismo estudiante (Estudiante 1) en este ítem, antes y después del desarrollo de la propuesta. Se observa que, mientras en el primer caso el estudiante comete errores en los cambios de unidades, en la respuesta posterior, aparece el cálculo resuelto de manera correcta.

3. Si en el frutero de tu casa tienes 0,25 kg de peras, 200 g de fresas y 1,5 hg de naranjas, ¿qué masa total de frutas tienes? Razónalo.

$200g$
 $250g$
 $1,5 \cdot 100g$

$450g + 0,15g = 450,15g$ (Pretest)



$0,25kg = 250g$ $200g$ $1,5kg = 150g$ (Posttest)

600g de masa porque al pasarlo todo a g se suma la cantidad.

Figura 9.8. Respuesta ofrecida por el Estudiante 1 en el Ítem 3 del pretest y del postest

Señalamos, además, que la mayoría de los estudiantes realizan de forma correcta el cambio de unidades, expresando el resultado en gramos. Por otro lado, algunos de ellos presentan cierto temor ante estos cambios de unidades, puesto que ni siquiera intentan resolver la actividad.

Además, el análisis de las actividades A3.3 (¿Cómo medimos la *masa* en líquidos?) y A4.3 (¿Crees que el aire tiene *masa*?), que se realiza con detalle en el Apartado 9.3., también arroja resultados prometedores.

En relación con este ítem, mostramos las respuestas del Grupo 6 de estudiantes para la Actividad A2.3 (Figura 9.9). En esta actividad, debían estimar la *masa* de una pieza de pan, una cucharada de café y una cucharada de azúcar. Tras la comprobación este grupo realizó, sin errores, el cambio de unidades al SI. En general, las respuestas del resto de grupos fueron muy diversas, incluso algún estudiante estimó la “*masa* de la pieza de pan en 5 mg”.

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: Pan = 10 g. Café : 3 g

Componente 2: Pan = 10g. Café : 3g

Componente 3: Pan = 5g. Café : 1g

Figura 9.9. Respuestas ofrecidas por el Grupo 3 para la Actividad A2.3

Tras la puesta en común de los grupos con la intervención del profesor, el Grupo 3 y, en general, el conjunto de grupos, corrige sus estimaciones iniciales sobre esta actividad (Figura 9.10). En este caso concreto no hay mucha diferencia entre los valores estimados por los estudiantes y el valor real, como se observa en las conclusiones, aunque esto no ocurre en la mayoría de los grupos.

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):
 No coincidimos con nuestra hipótesis, aunque hay poca diferencia de peso.
 Café: 2,35 g. Hipótesis: 3 g / Pon: 12 g. Hipótesis → 10 g

Figura 9.10. Conclusiones del Grupo 3 para la Actividad A2.3

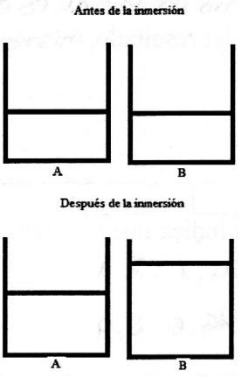
Estos resultados manifiestan que la aplicación de la propuesta ha sido efectiva en lo que respecta a la Pregunta de investigación 1, en un grado que se sitúa entre *medio* y *muy grande*.

Las actividades A3.3 y A4.3, que no tienen su correspondiente ítem para su evaluación en el pre-postest, serán analizadas en el apartado siguiente.

Pregunta de investigación 2: ¿Entienden la dependencia del *volumen desalojado* por un sólido inmerso totalmente en un líquido?

Ítem 4. Asignación de volúmenes de líquido desplazado a objetos de diferente volumen y masa. La generalidad de estudiantes responde que "el huevo desplaza mayor *volumen* y que la *masa* no tiene nada que ver con el *volumen* de líquido desplazado" (Figura 9.11), resultando ser el nivel de conocimiento adquirido superior al 2. En este caso, podemos afirmar que los estudiantes han entendido de qué depende el *volumen* desalojado de líquido por un sólido inmerso en él. Destacamos, además, que el tamaño del efecto se sitúa en un nivel *medio* (0,30).

4. Un huevo y un trozo de hierro se sumergen en dos recipientes A y B que contienen la misma cantidad de agua. El huevo tiene mayor volumen que el trozo de hierro pero su masa es menor. El nivel de agua antes y después de la inmersión se muestra en la figura. Indica cómo sabes dónde se introdujo el huevo y dónde el trozo de hierro. Razona tu respuesta



Antes de la inmersión

Después de la inmersión

Pretest

A = Huevo porque su masa es menor y el agua sube muy poco.

B = Hierro porque su masa es mayor y el ~~(agua sube más)~~ agua sube más.

Postest

B = Huevo.
A = Trozo de hierro.

Esto se debe a que en los recipientes podemos medir el volumen de un cuerpo pero no su masa. El huevo, al tener mayor volumen, desplaza más cantidad de agua.

Figura 9.11. Respuesta ofrecida por el Estudiante 4 en el ítem 4 del pretest y del postest

En relación a esta pregunta de investigación, mostramos los resultados ofrecidos por el Grupo 13 de estudiantes para la Actividad A2.2 (Figura 9.12), donde deben estimar y, posteriormente, comprobar el *volumen desplazado* por dos esferas de igual tamaño pero distinto material (plástico y acero).

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: No se desplaza el agua, porque el volumen es el mismo, ya que el peso no influye.

Componente 2: Se van a quedar igual porque tienen el mismo volumen.

Componente 3: Si se desplaza el agua, porque uno pesa más que el otro.

Figura 9.12. Respuestas ofrecidas por el Grupo 12 para la Actividad A2.2

Dos de los estudiantes afirman que ambas esferas deben desplazar el mismo volumen de líquido, pero solo el Componente 1 lo justifica por su independencia con el peso del objeto. En el caso del Componente 3, basa su convicción de un mayor desplazamiento de volumen al objeto que pesa más. Tras la experimentación, todos los grupos de estudiantes comprueban que el volumen de líquido desplazado por las esferas es el mismo en los dos casos, a excepción de uno de los grupos, posiblemente por algún error cometido en las medidas (Figura 9.13).

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):

Estamos de acuerdo todo en que desplace la misma agua
 menos el grupo.
 Si coincide con la hipótesis (el agua se desplace lo mismo)

Figura 9.13. Conclusiones del Grupo 12 para la Actividad A2.2

Pregunta de investigación 3: ¿Reconocen las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*?

Esta pregunta se encuentra vinculada con los ítems 5, 6 y 7.

Ítem 5. Conservación o no de la masa y el volumen al triturar una piedra. En lo referente al cambio de forma (trituration de una piedra), los conocimientos de los estudiantes respecto a la conservación de la *masa* y del *volumen* parten de niveles dispares, como ya comentamos con anterioridad. Analizando cada apartado:

- Apartado *a*. La mejora en la asimilación de la conservación de la *masa* tras la propuesta es significativa (2,3), aunque los estudiantes ya partían de niveles de conocimiento alto (1,8). La diferencia con el pretest es que, en este caso, aumentan el número de respuestas correctas con justificación, situadas en el Nivel 3 de conocimiento.
- Apartado *b*. Por el contrario, en lo relativo al *volumen*, los resultados no son tan buenos (1,2). Los estudiantes continúan asociando los cambios de forma con los cambios en el *volumen* de las sustancias.

La prueba de Wilcoxon nos revela que en ambos casos la propuesta ha sido efectiva y, el coeficiente de correlación, que mide el tamaño del efecto, nos indica que lo podemos clasificar como *medio*. En la Figura 9.14 se puede advertir la respuesta del Estudiante 3 en el posttest, donde relaciona esta asociación incorrecta. No obstante, la conservación de la *masa* respecto a un cambio de forma parece haber quedado asimilado en la mayoría del alumnado.

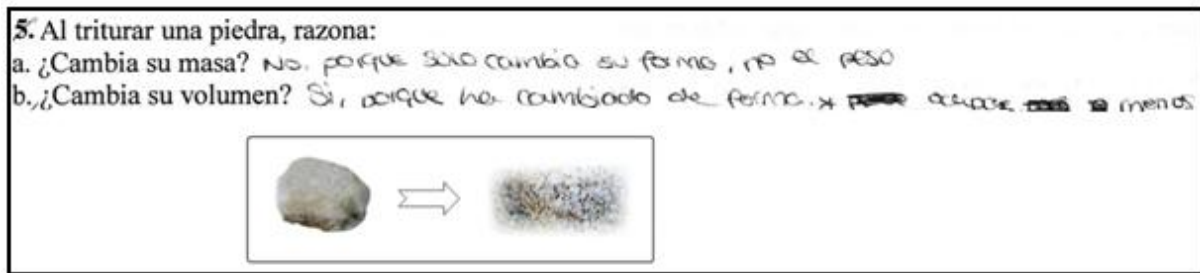


Figura 9.14. Respuesta ofrecida por el Estudiante 3 en el Ítem 5 del postest

En relación con el Ítem 5, se exponen las estimaciones del Grupo 13 de estudiantes para la Actividad A1.4. La situación consiste en razonar si un trozo de plastilina, moldeado de diferente forma, cambiará su *masa*. Los estudiantes tienen claro que la *masa* de un objeto es independiente de la forma que adopte (Figura 9.15), sin embargo, no tienen tan claro la conservación del *volumen*, como indica el Componente 3.

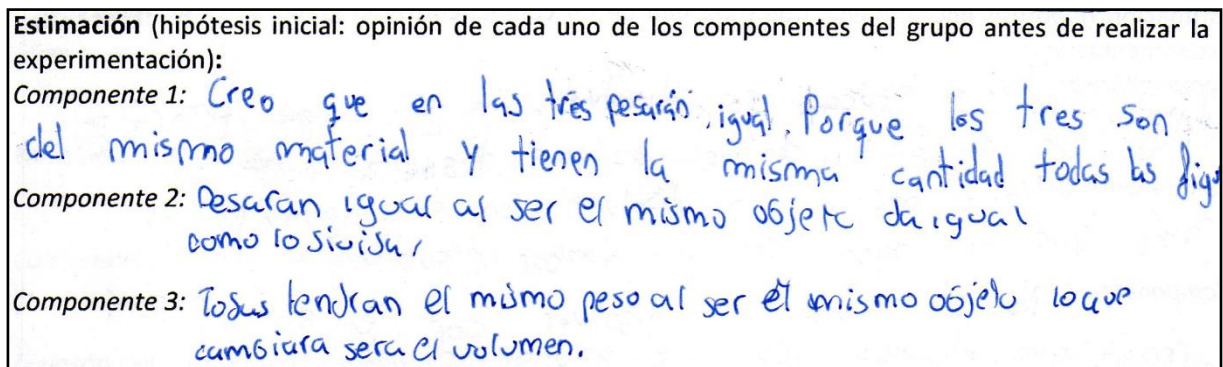


Figura 9.15. Respuestas ofrecidas por el Grupo 13 para la Actividad A1.4

Este grupo no hace referencia a si se han contrastado o no las estimaciones iniciales tras la experimentación, pero realiza una comparativa entre ellos y el resto de grupos (Figura 9.16).

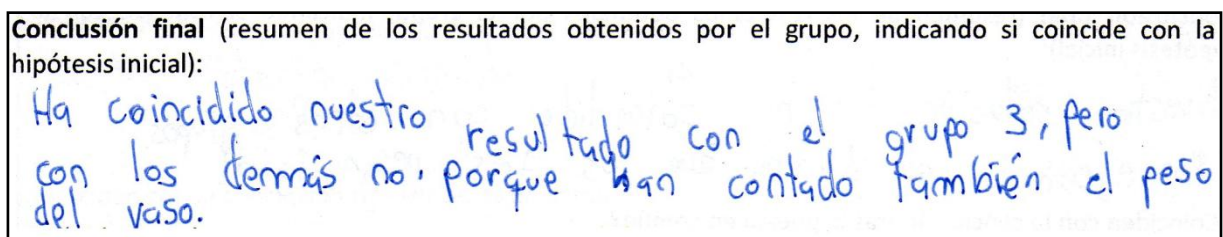


Figura 9.16. Conclusiones del Grupo 13 para la Actividad A1.4

Tras la experimentación, los resultados del postest nos confirman que los estudiantes han progresado en la asimilación de la conservación de la *masa* en los cambios de forma, no ocurriendo lo mismo para el caso del *volumen*. Hemos de

señalar que, aunque en este ítem los estudiantes no han alcanzado el Nivel 1,5 de conocimiento, no se ha analizado la actividad correspondiente con el mismo, de forma detallada (Actividad A1.4), como sí se ha hecho con otras actividades. El motivo es que en esta actividad los estudiantes comprobaron de forma experimental si había o no cambio de *masa*, pero el aspecto relacionado con la conservación del *volumen* solo se señaló de forma oral, preguntando al gran grupo. A la vista de los resultados, es posible que esta actividad debiera haber contemplado también la contrastación de la conservación del *volumen* experimentalmente, o al menos haberle dedicado alguna tarea específica más, de lápiz y papel.

Ítem 6. Conservación o no de la masa y el volumen en un cambio de estado. Respecto a los cambios de estado, los estudiantes asimilan la conservación de la *masa* de las sustancias en los cambios de estado y, también, la no conservación de su *volumen*. Aunque se confirma la eficacia estadística de la propuesta, los resultados solo superan el aprobado en el caso del *volumen* (tamaño del efecto *grande*) y no de la *masa* (tamaño del efecto *medio*), al contrario de como ocurriera en el ítem anterior.

- Apartado *a*. Uno de los motivos principales por los que no se alcanza el aprobado académico en este apartado tiene que ver con las respuestas de una parte de los estudiantes, que mantienen una variación de la *masa* en los cambios de estado. Estos creen que cuando el helado se encuentra “sólido pesa más”, permaneciendo las dificultades en la diferenciación entre *masa* (*peso*) y *densidad*.
- Apartado *b*. Aún con el buen resultado obtenido en este apartado, nos asalta la duda de que, al observarse un cambio de aspecto y de forma, pudiera ser que esos matices perceptibles ayuden a que los estudiantes estén convencidos de que el *volumen* cambia.

Por otro lado, la mayoría de respuestas en el postest se encuentran correctamente razonadas, presentando el caso del agua como ejemplo, como se puede ver en la respuesta ofrecida por el Estudiante 36 en el postest (Figura 9.17). Este mismo estudiante había contestado en el pretest que "el agua cambia su *peso* al convertirse en hielo".

6. Cuando un sistema material cambia de estado, justifica

a. ¿Se modifica su masa? *No. Al cambiar de estado, su volumen ~~cambia~~ cambia, pero, ^{así como} ~~debe~~ ~~cambia~~ su densidad.*

b. ¿Y su volumen? *Si*

Pon algún ejemplo que ilustre tu explicación.

El agua al cambiar a hielo aumenta su volumen y baja su densidad pero su masa que siempre es la misma.

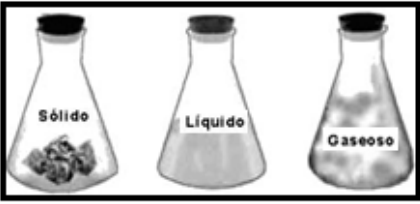


Figura 9.17. Respuesta ofrecida por el Estudiante 36 en el Ítem 6 del postest

Relacionada con el Ítem 6 se encuentra la Actividad A2.4, en la cual resulta que muchos creen que habrá variación en la *masa* de un helado, antes y después de derretirse. En la Figura 9.18, mostramos las estimaciones de los estudiantes del Grupo 4. A este respecto, encontramos diversidad de respuestas, ninguna de ellas correcta. Posteriormente, el profesor procedió, de forma oral, a realizar un sondeo de qué ocurriría con su *volumen*. En la mayoría de los casos los estudiantes justificaban que el *volumen* era mayor porque “el líquido ocupa más que el sólido”.

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: *Yo cre que pesará más congelado que descongelado porque está más compacto.*

Componente 2: *Yo creo que va a pesar más descongelado que congelado*

Componente 3: *Va a pesar más congelado que descongelado*

Figura 9.18. Respuestas ofrecidas por el Grupo 4 para la Actividad A2.4

Aunque esta actividad será analizada posteriormente con más detalle por no haberse alcanzado el nivel de conocimiento 1,5, destacamos las conclusiones del Grupo 4. Los estudiantes indican que sus resultados coinciden con los de los del resto de grupos (Figura 9.19) y, además, de forma oral, expresan que han acertado en sus hipótesis iniciales. Es decir, tras la experimentación insisten en la confirmación de sus estimaciones incorrectas a cerca de la *masa*.

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):
 Nuestra solución coincide con los demás grupos.

Figura 9.19. Conclusiones del Grupo 4 para la Actividad A2.4

Ítem 7. Conservación o no de la masa y el volumen en el proceso de disolución de una pastilla efervescente en agua. Por último, el Ítem 7 tiene una doble interpretación que, en ambos casos, se han considerado correctas. En la disolución de una pastilla efervescente en agua una parte de los estudiantes (40%) afirman que "la suma de las masas de estas sustancias antes y después del proceso de disolución es la misma, puesto que no entra ni sale materia". Por otro lado, otros estudiantes responden que "en la disolución de la pastilla se desprende gas que abandona la disolución y, por tanto, la *masa* final del conjunto es menor". El ejemplo que mostramos (Figura 9.20), trata del primer caso. Como se observa en la Tabla 9.3, la aplicación de la propuesta ha sido efectiva en este caso, siendo *grande* el tamaño del efecto y superando los estudiantes el nivel de aprobado.

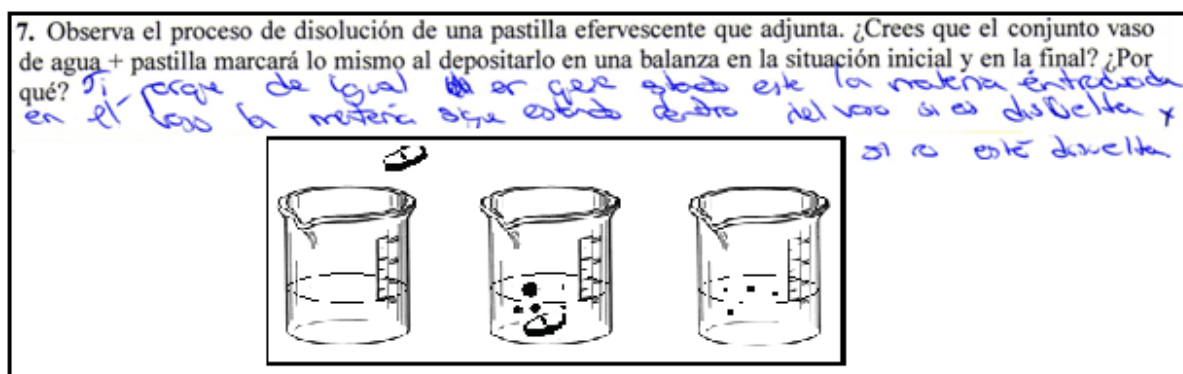


Figura 9.20. Respuesta ofrecida por el Estudiante 28 en el Ítem 7 del postest

En general, se puede afirmar, por tanto, que la propuesta resulta efectiva en relación a la Pregunta de investigación 3.

En concordancia con el último ítem de esta pregunta de investigación, mostramos las respuestas del Grupo 8 de estudiantes en la Actividad A3.4 (Figura 9.21). Se observa que, en el proceso de disolución de un terrón de azúcar en agua, ninguno de los componentes afirma que exista una conservación de la *masa* entre las situaciones antes y después. Aspecto que comprobaron experimentalmente cada uno de los grupos y que señalan en las conclusiones (Figura 9.22).

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: Sin disolver porque el peso estará concentrado.

Componente 2: pienso que pesará más por separado ya que el azúcar está más concentrado.

Componente 3: Sin disolver porque el azúcar está más sólido y no está disperso.

Figura 9.21. Respuestas ofrecidas por el Grupo 8 para la Actividad A3.4

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):

Ninguno de los tres ~~es~~ hemos acertado.

Estamos de acuerdo con el resto de grupos, pero el grupo 8 le ha pesado más ~~por~~ sin disolver.

Figura 9.22. Conclusiones del Grupo 8 para la Actividad A3.4

Pregunta de investigación 4: ¿Comprenden la relación entre los conceptos volumen, masa y densidad?

Esta pregunta se vinculado al Ítem 8.

Ítem 8. Coincidencia de la masa y/o el volumen de bolas de materiales de diferentes densidades. Al igual que hicimos con las preguntas 5 y 6, estimamos oportuno dividir los resultados del Ítem 8 en dos, pues también se le plantea al alumnado dos situaciones, en este caso relacionadas con una esfera de plastilina y otra de acero.

- Apartado a. En la primera parte (Apartado a) se les pide que razonen si, a igual *volumen*, podrían tener la misma *masa*. Los resultados estadísticos demuestran que la propuesta no ha sido efectiva, lo cual concuerda con un tamaño del efecto *pequeño*. Los estudiantes alcanzan el nivel de conocimiento 1,5 tanto antes como después de la propuesta, pero la diferencia no es significativa.
- Apartado b. Con el planteamiento de que la esfera de acero sea más pequeña y, ante la misma pregunta, los resultados estadísticos mejoran

(la propuesta es efectiva y el tamaño del efecto es *medio*), pero el nivel de conocimiento alcanzado tras la propuesta se sitúa en 1,3.

La mayoría de estudiantes ofrece respuestas del tipo "no tienen la misma *masa* porque la de acero pesa más" (Figura 9.23), tanto en el primer caso como en el segundo. Es decir, estos alumnos no incorporan la idea de *densidad* sino que utilizan solo el *peso*, y creemos que llegan a confundir *peso* con *densidad*. Si bien, algunos razonan las respuestas en función de la *densidad* o, al menos, del grado de compactación de la materia. La Actividad A3.5, vinculada con el Apartado *b* de este ítem será analizada más adelante, pero avanzamos que dio resultados mejorables.

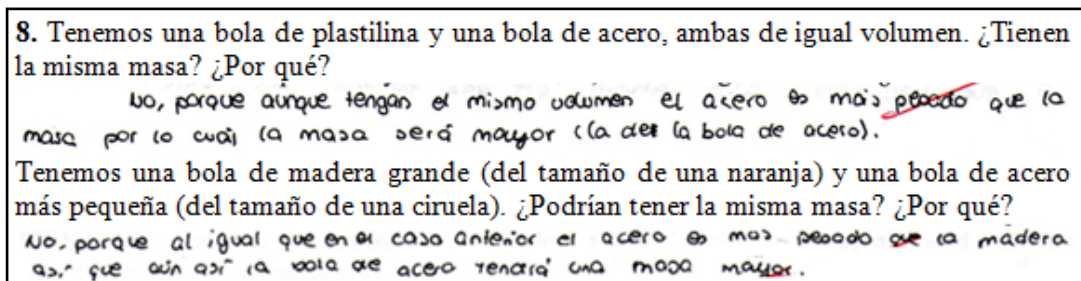


Figura 9.23. Respuesta ofrecida por el Estudiante 17 a la Pregunta 8 en el postest

En la Actividad A2.5 relacionada con el Apartado *a* de este ítem (Figura 9.24) deben estimar, en primer lugar, el orden de densidades de cuatro sustancias: agua, arena, aceite y jabón líquido; para, posteriormente, comprobar este valor para volúmenes de 1 cm³ y 100 cm³. De tal forma que, la *densidad* debe resultar la misma, si no hay errores en los cálculos y mediciones experimentales, para cada sustancia en los distintos volúmenes. Ante la diversidad de respuestas, resulta llamativo, sobre todo, que cierto alumnado sigue manteniendo que el aceite es más denso que el agua.

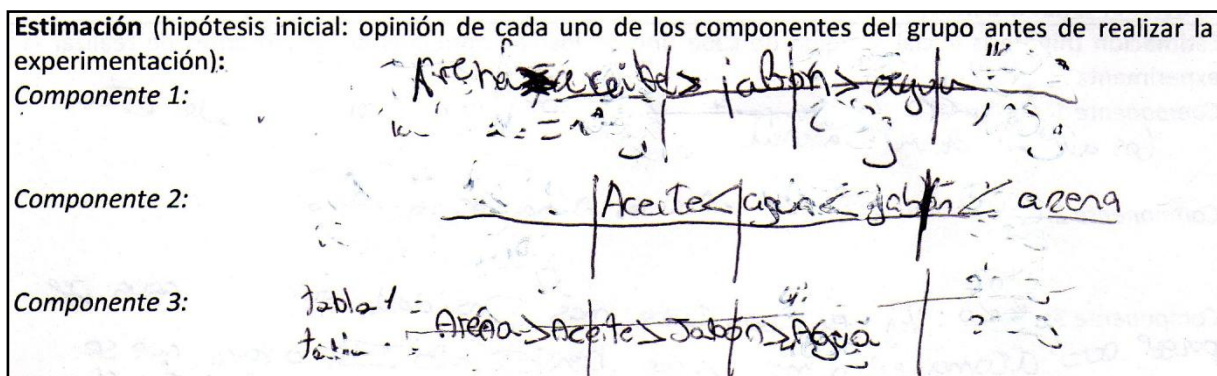


Figura 9.24. Respuestas ofrecidas por el Grupo 13 para la Actividad A2.5

Los estudiantes, en su mayoría, no ofrecen unas conclusiones razonadas (Figura 9.25) y que muestren una comparativa entre la experimentación y las estimaciones iniciales. Posiblemente, la repetitividad de las mediciones haya provocado cansancio en los estudiantes a la hora de elaborar con más detalle unas conclusiones adecuadas.

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial): *Coincidimos en los resultados*

Figura 9.25. Conclusiones del Grupo 13 para la Actividad A2.5

Pregunta de investigación 5: ¿Reconocen el concepto *densidad* y lo utilizan para la identificación de sustancias?

Relacionada con el Ítem 9 del postest.

Ítem 9. Cálculos de cocientes masa/densidad y conclusiones del resultado obtenido. Este ítem es el que presenta una mayor evolución en el nivel de conocimiento alcanzado por los estudiantes, pasando de 0,6 a 2 y, consecuentemente, el que ha experimentado un mayor tamaño del efecto ($r=0,63$). Tras realizar la división de las masas entre los volúmenes, el Estudiante 35 (Figura 9.26) responde en el postest "se trata del mismo compuesto, puesto que su *densidad*, propiedad específica, es idéntica". Parece ser que la asimilación de *densidad*, como propiedad específica de las sustancias puras, se ha realizado de manera correcta.

9. Se han medido masas y volúmenes de trozos pequeños de una sustancia y se han obtenido los siguientes datos:

Masa (g)	9	14	22	29	41	48
Volumen (ml)	3,1	4,8	7,6	10	14,1	16,6

Divide cada masa con su volumen correspondiente e indica qué conclusión obtienes del resultado.

Handwritten calculations:
 $\frac{9}{3,1} = 2,9 \text{ g/ml}$ $\frac{22}{7,6} = 2,9 \text{ g/ml}$ $\frac{41}{14,1} = 2,9 \text{ g/ml}$
 $\frac{14}{4,8} = 2,9 \text{ g/ml}$ $\frac{29}{10} = 2,9 \text{ g/ml}$ $\frac{48}{16,6} = 2,9 \text{ g/ml}$

Handwritten conclusion: Que son el mismo compuesto, puesto que su densidad, propiedad específica de cada elemento, es idéntica.

Figura 9.26. Respuesta ofrecida por el Estudiante 35 a la Pregunta 9 en el postest

Para esta pregunta de investigación, mostramos las respuestas del Grupo 3 de estudiantes en relación a la Actividad A1.5 (Figura 9.27). Todos los componentes del grupo relacionan el concepto *densidad* con lo unidas que están las partículas en una sustancia. La mayoría de las respuestas asignan a la *densidad* la característica de “propiedad específica que se utiliza para ayudar a identificar sustancias” (Figura 9.28).

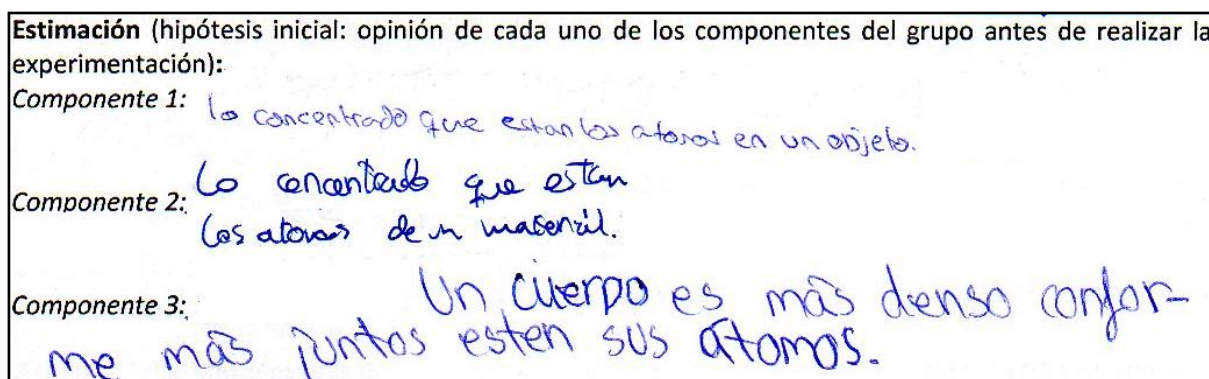


Figura 9.27. Respuestas ofrecidas por el Grupo 3 para la Actividad A1.5

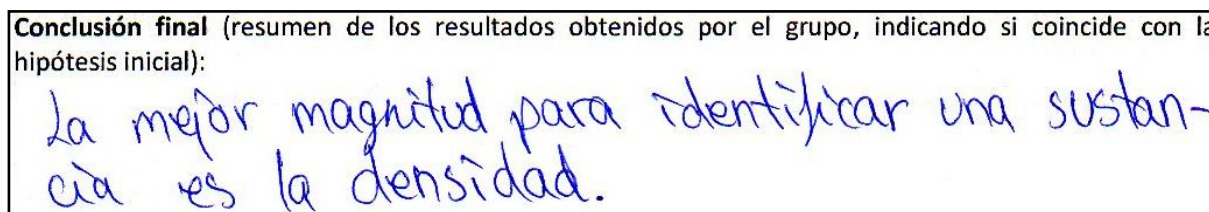


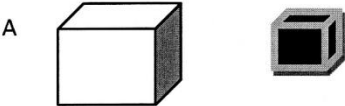
Figura 9.28. Conclusiones del Grupo 3 para la Actividad A1.5

Pregunta de investigación 6: ¿Utiliza la *densidad* para justificar el fenómeno de la *flotación*?

Esta pregunta de investigación se encuentra relacionada con el Ítem 10.

Ítem 10. Justificación de la flotación de dos cubos de diferente material. Desde un punto de vista estadístico, la propuesta de enseñanza no mejora, de forma significativa, la explicación que ofrecen los estudiantes de la flotabilidad de los cuerpos en función de la *densidad*, para el ejemplo tratado. Estos parten de un nivel de conocimiento inicial alto (1,8), que mejora levemente tras la realización de las experiencias (2,0), lo cual, se corresponde con un tamaño *pequeño* del efecto. Es el caso del Estudiante 37, que ofrece una respuesta muy similar en los dos cuestionarios (Figura 9.29).

10. El objeto A es de mayor tamaño que el objeto B. Sin embargo, cuando se meten ambos objetos en agua se observa que el A flota y el B se hunde. ¿Podrías explicar este hecho?



B La flotación depende de la densidad del objeto no de cantidad.

Figura 9.29. Respuesta ofrecida por el Estudiante 37 en el Ítem 10 del postest

Para ilustrar un ejemplo en esta pregunta de investigación y, para el ítem relacionado, hemos seleccionado las estimaciones proporcionadas por los estudiantes del Grupo 10 para la Actividad A2.6 (Figura 9.30). Se les muestra dos latas de refresco (cola normal y cola light) y se les invita a que razonen si flotarán ambas, ninguna o alguna de ellas, cuando se depositan en un recipiente que las cubra de agua. Ninguno de los componentes del grupo acierta en sus hipótesis, ni tampoco ninguno de ellos menciona la *densidad* como causa de la *flotación* o hundimiento. Hacen referencia al *peso*, la existencia de menos gas (que estaría relacionada con una menor flotabilidad, en las ideas previas clásicas) y, de forma incongruente, se relaciona menor flotabilidad con menos azúcares.

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: Los dos latos se hundirán, dado su material metálico y el contenido que lleva dentro pesan y se hunde.

Componente 2: La Coca-Cola clásica flotará más, porque la Coca-Cola light tiene menos gas y menos azúcares.

Componente 3: Ninguna de las latas flotará.

Figura 9.30. Respuestas ofrecidas por el Grupo 10 para la Actividad A2.6

En la comprobación experimental, se observa como la lata de cola normal se hunde, mientras que la de cola light flota. Durante la realización de esta experimentación, a los estudiantes les sorprendió bastante el resultado final, lo que dio lugar a que el debate en clase se intensificara y se resolvieran, aparentemente, todas las dudas que existían al respecto. No obstante, no debió ser suficiente para extenderlo y aplicarlo a la pregunta del postest.

En las conclusiones (Figura 9.31), los estudiantes muestran la contrastación de los resultados obtenidos y la comparación con los otros grupos.

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial): Nosotros creíamos que ambas se hundían pero resulta que la pepsi flota. El grupo 1 ha aceptado, el 2 y el 3 dicen que la coca-cola flotaba y los grupos 3, 5 y 6 coinciden con nosotros.


Figura 9.31. Conclusiones del Grupo 10 para la Actividad A2.6

Pregunta de investigación 7: ¿Explica fenómenos relacionados con gases a través de la *densidad*?

Relacionada con el Ítem 11.

Ítem 11. *Idoneidad de la colocación de una rejilla de seguridad para el escape de gases en la parte alta de una cocina.* Para este ítem, la mejora en las respuestas ofrecidas por los estudiantes es considerable, como lo demuestra el valor estandarizado para la W de Wilcoxon y el tamaño del efecto *grande*, indicado por su coeficiente de correlación ($r=0,34$). En este caso, se pueden diferenciar dos tipos de respuestas mayoritarias ofrecidas en la misma proporción. Las primeras, incorrectas, solamente indican que "la medida es correcta" sin más. Las segundas, razonan de forma correcta que "la medida es incorrecta, por presentar el butano mayor *densidad* que el aire" (Figura 9.32). Esto justifica que el nivel de conocimiento promedio esté situado en torno al 1,5 al finalizar la propuesta.

11. Una concentración muy alta de gas butano puede causar la muerte de una persona por falta de oxígeno, además del riesgo de explosión. Si en casa tienes cocina de gas butano, razona si es correcto tener la rejilla de seguridad en la parte superior de la misma, pegada al techo. Dato: densidad del butano 2,59 g/l, densidad del aire 1,29 g/l



No es correcto, porque la densidad del butano es mayor a la del aire entonces este tiende a ir hacia abajo.

Figura 9.32. Respuesta ofrecida por el Estudiante 8 en el Ítem 11 del postest

En contraposición a la respuesta correcta que observamos en el Ítem 11 del postest, mostramos los resultados de la Actividad A4.6 (Figura 9.33). Aunque esta actividad se puso en común en la Sesión 6, fue realizada de forma individual por cada estudiante en casa. Consistió en averiguar cuáles eran las medidas de seguridad, para escape de gases, que tenían en la cocina de casa. Es de destacar que, encontrándonos ya en la penúltima sesión, aún piensen algunos estudiantes que “el aire al ser más denso sube”. De ahí que insistamos en la dificultad que presenta la comprensión de los fenómenos estudiados cuando participan gases en ellos.

<p>Descripción de las medidas de seguridad (indicando dónde están situadas y por qué)</p> <p>En la cocina de mi casa; que consta de una rejilla de ventilación para el aire. Y una ventana para el mismo uso.</p>
<p>Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):</p> <p>No he encontrado ninguna dificultad a la hora de realizar la experimentación</p>
<p>Conclusión final</p> <p>¿Coinciden tus medidas de seguridad con la del resto de tus compañeros?</p> <p>Normalmente la rejilla de ventilación se sitúa en la parte superior, para que el aire escape. Ya que el aire es más denso que el butano</p> <p>Describe aquellas medidas de tus compañeros que sean muy distintas a las que tú encontraste.</p> <p>Solo la rejilla de ventilación.</p>

Figura 9.33. Respuesta ofrecida por el Estudiante 6 para la Actividad A4.6

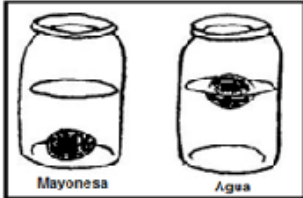
Pregunta de investigación 8: ¿Diferencian los conceptos *densidad* y *viscosidad*?

Vinculada al Ítem 12.

Ítem 12. *Justificación de la diferencia entre la densidad y la viscosidad mediante la inmersión de una bola de caucho en mayonesa y en agua.* Este ítem ofrece dos patrones de respuestas, al igual que ocurriera con el ítem anterior. Unas justificando, de forma incorrecta, el fenómeno en función de las viscosidades, sin tener en cuenta en absoluto la *densidad*. Otras, ofreciendo un razonamiento de la situación respecto a las densidades indicando, además, que la "*viscosidad* no influye en la flotabilidad de los objetos" (Figura 9.34). Los resultados superan levemente el aprobado, desde el punto de vista académico, y la estadística arroja resultados positivos en cuanto a la efectividad de la propuesta y el tamaño del efecto (*grande*, en este caso).

12. Cogemos una bola de caucho (densidad 950 kg/m^3) y la metemos en un bote con mayonesa. Se observa que la bola se hunde. A continuación, al meter otra bola idéntica en agua flota. ¿Podrías explicar este hecho, sabiendo que la mayonesa es más viscosa que el agua?

Nota: el caucho es el material con el que se hacen los neumáticos de los automóviles.



La viscosidad y la densidad son dos propiedades que no tienen ninguna relación. Por eso, aunque la mayonesa sea más viscosa que el agua no tiene relevancia, porque como el caucho es menos denso que el agua flota y como es más denso que la mayonesa se hunde.

Figura 9.34. Respuesta ofrecida por el Estudiante 6 en el Ítem 12 del postest

En la Actividad A1.7 (Figura 9.35), relacionada con la Pregunta de investigación 8, los estudiantes del Grupo 7 ofrecen respuestas diversas. Ante el planteamiento de la relación entre *densidad* y *viscosidad*, dos de los componentes establecen un vínculo de unión entre los conceptos, afirmando que si una sustancia es viscosa es también densa. La lectura de un artículo donde se describe el procedimiento seguido para sacar el fuel del Prestige, hundido en el mar, parece aclarar este aspecto, según los resultados del Ítem 12.

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1: es la resistencia que ofrece un líquido a fluir debido al rozamiento de sus partículas.
b) No, están relacionados pero no.

Componente 2a) Resistencia de un líquido debido al rozamiento
b) Si, porque algo denso es viscoso, están relacionados la viscosidad es algo pegajoso. Ej: gelatina.
Componente 3: la viscosidad es algo pegajoso. Ej: gelatina.
b) Si, porque la densidad y la viscosidad están relacionadas.

Figura 9.35. Respuesta ofrecida por el Grupo 7 para la Actividad A1.7

Aunque la mayoría de los grupos ha hecho un análisis adecuado comparando sus estimaciones con la puesta en común, para el caso del Grupo 7 podemos observar que esto no ha sido así, puesto que sus estimaciones no resultaron del todo correctas como indican en sus conclusiones (Figura 9.36).

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):

Ha coincido lo que hemos dicho con el profesor
Todos hemos coincidido con la conclusión final.

Figura 9.36. Conclusiones del Grupo 7 para la Actividad A1.7

De forma general y, con la intención de mostrar una síntesis de estos resultados, se presenta la Figura 9.37, que compara los niveles de conocimiento promedio alcanzados para cada ítem antes y después del desarrollo de la propuesta de enseñanza.

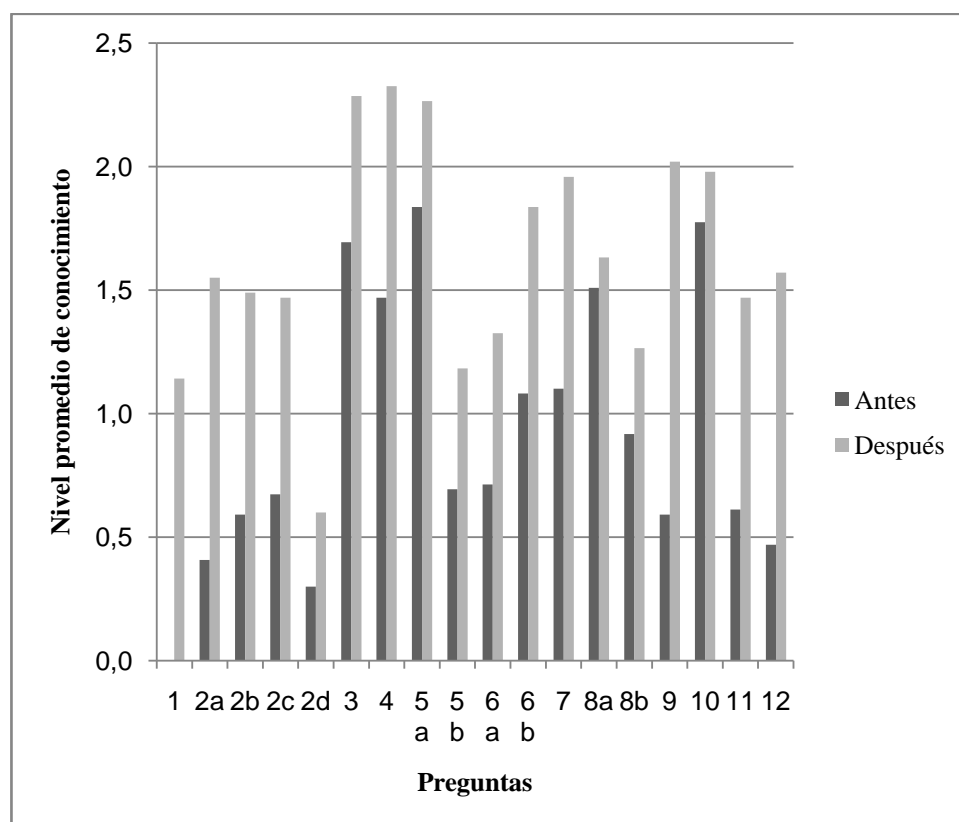


Figura 9.37. Nivel de conocimiento promedio alcanzado para cada pregunta.

9.3. Análisis pormenorizado y evaluación de las actividades

En este apartado realizaremos un análisis pormenorizado de una selección de actividades. Se han descrito aquellas que contienen aspectos no abordados en los pre-postest y todas aquellas que no condujeron a alcanzar un nivel de conocimiento igual o superior a 1,5 (aprobado académico), a pesar de haber conseguido resultados estadísticos significativos. En la Tabla 9.4 se presenta la selección de las actividades a evaluar con detalle y los motivos por los que se evalúan en cada caso.

Tabla 9.4

Relación de actividades a analizar en detalle y el criterio de selección

Actividad	Motivo de su análisis
(A1.1) ¿Qué es el <i>volumen</i> ? Apartado a	La definición de <i>volumen</i> no se evaluó en el pre-postest, debido a que dimos prioridad a la evaluación de aspectos relacionados con él, como su cálculo y cambios de unidades. Pretendemos conocer si los estudiantes asimilaron el concepto tras la realización de la actividad.
(A1.1) ¿Qué es el <i>volumen</i> ? Apartados b y c	Esta actividad está relacionada con el Ítem 1 del pre-postest y con la primera pregunta de investigación. El nivel de conocimiento medio adquirido en el postest es 1,1, de ahí su análisis.
(A3.2) ¿Cómo medirías el <i>volumen</i> de gases?	Actividad relacionada con el Ítem 2, Apartado d. Los estudiantes alcanzaron un nivel de conocimiento medio de 0,6.
(A1.3) ¿Qué es la <i>masa</i> ?	Al igual que ocurriera para el concepto de <i>volumen</i> , la definición de <i>masa</i> tampoco se evaluó en el pre-postest por el mismo motivo. Para conocer si los estudiantes asimilaron este concepto se realiza el análisis de la esta actividad.
(A3.3) ¿Cómo medimos la <i>masa</i> de líquidos?	En el caso de estas actividades relacionadas con el mismo concepto anterior (<i>masa</i>), se decidió evaluar en el pre-postest su aspecto más común: su cálculo para sólidos. En este apartado evaluamos si quedó clara la forma de medirla en líquidos y gases.
(A4.3) ¿Crees que el aire tiene <i>masa</i> ?	
(A2.4) ¿Cómo afecta a la <i>masa</i> un cambio de estado?	Esta actividad está relacionada con el Ítem 6 del pre-postest, dentro de la Pregunta de investigación 3. Los estudiantes alcanzaron en este caso un Nivel 1,3 de conocimiento medio, para el Apartado a de este ítem.
(A3.5) ¿Cómo medirías densidades de sustancias de igual <i>masa</i> ?	Actividad concerniente al Apartado b del Ítem 8. Tras la realización de la propuesta de enseñanza los estudiantes obtuvieron una puntuación media de 1,3 en lo relativo al nivel de conocimiento alcanzado.

A continuación procedemos al análisis de cada una de estas actividades. A modo de recordatorio indicamos que para el análisis de estas actividades se elaboraron unas matrices de valoración. Estas matrices se describieron en el Apartado 8.2.5 dentro del capítulo correspondiente a la metodología de la Etapa III. Se elaboraron dos matrices, dependiendo de si la actividad era de tipo teórico o experimental. También creemos necesario señalar que, debido a que las actividades se realizaron en grupos, los resultados que aquí se presentan están referidos a cada uno de los 17 grupos de la muestra total de estudiantes (lo que para 8 actividades supone el análisis de unas 136 hojas de trabajo, con unos tres apartados por hoja).

(A1.1) ¿Qué es el *volumen*? Apartado a

De las tres partes de la que consta esta actividad, en la primera de ellas se les pregunta a los estudiantes sobre el concepto de *volumen*. Las estimaciones ofrecidas inicialmente por los componentes de cada grupo se acercan bastante a la

definición correcta de esta magnitud: “espacio que ocupa un cuerpo o la materia”. Algunas definiciones incluso hablan de que “es el espacio ocupado por sólidos, líquidos o gases”, haciendo referencia así a todos los estados de la materia. El análisis de las hojas de resultados a través de la matriz de valoración nos revela lo que se muestra en la Tabla 9.5.

Tabla 9.5

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.1, Apartado a

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
0	12	59	29	2,2

De donde se deduce que:

- No hay ningún grupo de estudiantes que haya dejado de responder a las cuestiones que se plantean en esta actividad, como lo refleja el porcentaje de grupos en el Nivel 0.
- Una minoría de grupos (12%) sigue presentado concepciones alternativas al final del desarrollo de la actividad (Nivel 1), sobre todo relacionadas con que “el *volumen* es una unidad de medida”.
- La gran mayoría de grupos se encuentra en el Nivel 2. Han redactado de forma adecuada las conclusiones de acuerdo con la puesta en común, aunque son conclusiones demasiado coincidentes con la puesta en común final.
- Por último, también una cantidad importante de estudiantes (29%) se encuentra en el nivel más alto. Muestran conclusiones de manera razonada, expresadas a través de sus propias palabras y razonando cuáles son los errores que han cometido otros grupos, como en el caso de la afirmación de que “el volumen es una unidad”.

En definitiva, el nivel promedio alcanzado en esta actividad (2,2), junto con el análisis de las respuestas de los estudiantes, nos lleva a pensar que, tras la realización de esta, la asimilación de una buena definición ha sido efectiva.

(A1.1) ¿Qué es el volumen? Apartados b y c

Actividad de tipo teórico. En el Apartado *b* los estudiantes deben indicar todas aquellas unidades de *volumen* que les resulten familiares especificando, si es posible, aquella que pertenece al SI. Entre las respuestas que destacamos en las estimaciones ofrecidas por los estudiantes, algunos se refieren al “gramo como unidad de *volumen*”, la mayoría habla de las que derivan del litro y del m^3 y, en algún caso, se refieren a otras unidades como el galón. En cuanto a la unidad de *volumen* en el SI, la mitad del alumnado se refiere al m^3 . En la Tabla 9.6 se muestran los resultados del análisis de estas hojas de resultados.

Tabla 9.6

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.1, Apartado b

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
0	6	42	52	2,4

Se puede observar que los estudiantes se encuentran repartidos fundamentalmente en dos grupos. Uno de ellos lo forman los estudiantes que parecen haber asimilado las unidades en las que se puede expresar el *volumen*, identificando aquella que pertenece al SI (Nivel 3). El otro, los que no han elaborado unas conclusiones de las que se pueda deducir que han llevado a cabo esta asimilación (Nivel 2).

En el Apartado *c*, tienen que ordenar en orden creciente el *volumen* de tres latas de refresco, expresado en diferentes unidades. Para ello, los estudiantes deben conocer la equivalencia entre las unidades derivadas del litro y las que derivan del m^3 . Los resultados obtenidos en este caso se presentan en la Tabla 9.7.

Tabla 9.7

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.1, Apartado c

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
29	0	35	36	1,7

De estos resultados y atendiendo a la diversidad de respuestas ofrecidas por los estudiantes, destacamos:

- De los grupos que se encuentran situados en el Nivel 0, la mayoría de ellos han dejado sin responder a la pregunta que se les planteó. Han esperado a que el resto de grupos expusieran sus conclusiones para redactar las suyas propias.
- El Nivel 1, reservado para aquellos grupos que siguen manteniendo ideas inadecuadas en sus conclusiones finales tras la puesta en común de la actividad, queda desierto en este caso.
- Respecto a los grupos que obtienen un Nivel 2, se denota una transcripción literal de las conclusiones obtenidas respecto a las explicaciones ofrecidas por el profesor al finalizar la actividad, por lo que no se puede deducir de manera fiable que hayan asimilado totalmente como realizar estos cambios de unidades.
- Las explicaciones ofrecidas por aquellos grupos que alcanzan el Nivel 3 surgen como consecuencia de un proceso deductivo y razonado, por lo que es muy posible que estos conocimientos hayan quedado consolidados.

En definitiva, consideramos muy elevado el porcentaje de grupos situados en el Nivel 0, que llevará a una inadecuada asimilación de los aspectos relacionados con los cambios de unidades. De aquí se podría deducir el bajo nivel de conocimiento alcanzado en el postest en el Ítem 1.

De forma general, el bajo nivel de conocimiento alcanzado en el Ítem 1, puede estar relacionado con los cambios de unidades entre aquellas relacionadas con el litro y las que se relacionan con el m^3 , según hemos comprobado en el análisis de las actividades. Sería, por tanto, conveniente insistir en realizar actividades basadas en el cambio de unidades de este tipo.

(A3.2) ¿Cómo medirías el volumen de gases?

En esta actividad experimental los estudiantes miden su capacidad pulmonar a través del desplazamiento del agua contenida en una botella graduada, mediante la

expiración del aire máximo contenido en sus pulmones. Los resultados procedentes del análisis de esta actividad se muestran en la Tabla 9.8.

Tabla 9.8

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A3.2

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
12	18	70	0	1,6

De este análisis se desprende que:

- Los grupos situados en los niveles 0 y 1 o bien se limitan a anotar simplemente la cantidad de agua que han desplazado, o bien interpretan que lo que están midiendo es “la cantidad de agua que cabe en los pulmones” y no de aire.
- No tenemos grupos que describan el procedimiento seguido de forma pormenorizada indicando que se trata de un método para medir el *volumen* de gases (Nivel 3).
- La mayoría de los grupos, situados en el Nivel 2, relacionan el proceso con la medición de su capacidad pulmonar, pero no tenemos la seguridad de que entiendan la generalización de este método para la medición de volúmenes de gases.

Justificamos los malos resultados obtenidos por los estudiantes en el Ítem 2, Apartado *d*, del postest, en primer lugar, por la no asimilación de esta actividad como un proceso para medir volúmenes en gases. En segundo lugar, influyó la realización de la Actividad A4.3, en la que se pretendió que los estudiantes asimilaran que los gases tienen *masa*, mediante la comparativa de la *masa* de un globo vacío y lleno de aire. Cuando en el postest se les pidió que indicaran cómo medirían el *volumen* de aire de un globo, acudieron de forma directa a esta actividad, sin tener en cuenta que se les pedía el *volumen*, y no la *masa*. Un gran número de estudiantes, como ya comentamos, indicaron que calcularían “el *volumen* del globo llevándolo a una balanza y pesándolo”. Después de estar en el laboratorio con ellos muchas sesiones, se tiene la sensación de que, a veces, tienden a actuar rápidamente sin reflexionar mucho, en este caso diferenciando si lo que se les solicita es medir *masa* o *volumen*.

(A1.3) ¿Qué es la *masa*?

Esta actividad teórica tampoco fue evaluada en el pre-postest. En ella los estudiantes, en primer lugar, deben estimar lo que entienden por *masa*, así como señalar las unidades que conocen de esta magnitud, indicando la que pertenece al SI. La mayoría de las respuestas relativas a la definición de *masa* son del tipo “la *masa* es el *peso* de un objeto” y muy pocas se refieren a la “cantidad de materia que posee un cuerpo”. Casi todos los estudiantes conocen las unidades más comunes para expresar la *masa* e identifican el kg como unidad del SI, aunque existe algún caso aislado que hace referencia al gramo como unidad SI. Los resultados se presentan en la Tabla 9.9.

Tabla 9.9

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A1.3

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
0	24	47	29	2

Estos resultados muestran que:

- Cerca de la mitad de los grupos de estudiantes se encuentran en el Nivel 2. Esto indica que no se puede asegurar que hayan asimilado de forma total el concepto de *masa*.
- Casi un 25% de los estudiantes siguen presentando concepciones alternativas relacionadas con la indiferenciación entre *masa* y *peso* (Nivel 1), lo cual puede seguir provocando confusión en aquellas cuestiones en las que estos aspectos estén presentes.

En resumen, creemos necesario realizar un mayor número de actividades dirigidas en este sentido.

(A3.3) ¿Cómo medimos la *masa* de líquidos?

En esta actividad experimental los estudiantes deben estimar y, posteriormente, constatar en orden creciente de masas 100 ml de tres sustancias líquidas distintas (nata, jabón y agua). En general, las estimaciones son correctas, exceptuando

algunos casos en los que asignan al agua y al jabón la misma *masa*. De las hojas de resultados se desprende el análisis de la Tabla 9.10.

Tabla 9.10

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A3.3

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
0	18	47	35	2,2

De este análisis se infiere que:

- Existen grupos que no hacen referencia a las conclusiones obtenidas (Nivel 1).
- Sigue siendo alto el porcentaje de estudiantes situado en el Nivel 2, donde no detallan la experimentación realizada en las que tendrán que basar sus conclusiones.
- El alto porcentaje de grupos que obtiene el Nivel 3 mejora el resultado total, que alcanza un nivel promedio de 2,2.

Desde nuestro punto de vista, consideramos que los estudiantes son capaces de realizar mediciones correctas de la *masa* de líquidos, a pesar de no ser un aspecto habitual en la vida diaria, más orientado a la medición de volúmenes.

(A4.3) ¿Crees que el aire tiene *masa*?

Posiblemente una de las actividades experimentales más sencillas e interesantes por conocer las estimaciones de los estudiantes sobre este aspecto. Les presentamos un globo vacío y otro lleno de aire y se les plantea la pregunta sobre la situación en la que tendrá mayor *masa*. Sorprende el número de estudiantes que piensan que el “globo vacío tendrá mayor *masa*”. Algunas respuestas incluso recalcan que “será igual porque el aire no pesa”. Para esta actividad presentamos la Tabla 9.11.

Tabla 9.11

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A4.3

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
6	0	35	59	2,5

Destaca esta actividad por el alto nivel promedio alcanzado por los grupos de estudiantes. Además deducimos que:

- El alto porcentaje de grupos situados en el Nivel 3 lleva a pensar que los estudiantes han asimilado la idea de que el aire tiene *masa*.
- Solo un grupo no realizó la actividad por falta de tiempo.

Además de esto, debemos señalar que, aunque es evidente el éxito de esta actividad, indujo errores de forma involuntaria en el Ítem 2, Apartado *d*, como ya comentamos anteriormente. Pensamos que el problema no está en esta actividad, sino en la medición de volúmenes de gases, que quizás no quedó suficientemente entendido.

(A2.4) ¿Cómo afecta a la *masa* un cambio de estado?

Actividad experimental en la que los grupos de estudiantes deben estimar y comprobar cuando es mayor la *masa* (y el *volumen*) de un helado, antes o después de derretirse. Los resultados se exponen en la Tabla 9.12.

Tabla 9.12

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A2.4

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
6	76	6	12	1,2

Del análisis de esta actividad podemos deducir que:

- La mayor parte de los grupos (Nivel 1) llega a la conclusión de que “el helado pesa más congelado”, demostrándolo con medidas que han realizado mediante la balanza.

- Únicamente dos de los grupos (12%), afirman y demuestran que “la *masa* permanece constante, variando su *volumen*”, situándose en el Nivel 3.

Estos malos resultados se justifican, principalmente, por los errores en la medición llevada a cabo por los grupos. En estas mediciones se observa como la mayoría de ellos indican que pesa más congelado con diferencias que van desde los 0,2 g a los 2 g. Estas diferencias no les llevan a pensar los posibles errores cometidos durante el proceso de medida sino que, simplemente, “la *masa* del helado es distinta”. Por tanto, se constata que, en la realización de actividades experimentales, el problema de la interpretación de los resultados y la existencia de errores de medida pueden ratificar o introducir ideas inadecuadas.

(A3.5) ¿Cómo medirías densidades de sustancias de igual *masa*?

Actividad de tipo experimental que consiste en obtener el *volumen* y posterior *densidad* de masas iguales de diferentes sustancias (agua, jabón, arena y aceite), para proceder a su clasificación en función de esta magnitud. Tras el análisis de las hojas de resultados se obtiene lo siguiente (Tabla 9.13):

Tabla 9.13

Resultados obtenidos por los grupos de estudiantes para la Actividad A3.5

Grupos que han alcanzado cada nivel (%)				Nivel promedio
0	1	2	3	
0	53	29	18	1,6

En este caso se deriva que:

- No existen grupos que no hayan completado la actividad, como puede observarse en la Tabla 9.13 (Nivel 0).
- Una cantidad importante de grupos cometen errores en las mediciones, en este caso del *volumen* de las sustancias (Nivel 1), lo cual les lleva a la consecución de unas conclusiones que también son erróneas.
- Sigue siendo importante el número de grupos que realiza correctamente la actividad pero que no relaciona el trabajo que realizan con el objetivo

de la misma, lo cual les lleva a no obtener unas conclusiones adecuadas (Nivel 2).

- Por último, son pocos los grupos que han interpretado de forma adecuada la finalidad de esta actividad y lo demuestran con unas conclusiones acordes a lo que se les pide.

Al igual que ocurriera con la actividad anterior, creemos que hay dos aspectos que son los responsables de los malos resultados derivados del postest. En primer lugar, que los estudiantes no son conscientes de la finalidad que tiene la actividad que realizan y, en segundo lugar, los errores cometidos en las mediciones que les lleva a consolidar sus estimaciones iniciales erróneas.

9.4. Resultados de la evolución de los contenidos procedimentales y actitudinales

Para el análisis del nivel de adquisición de los contenidos procedimentales se utilizó el instrumento que se muestra en el Anexo VII (p. 301). Este instrumento se aplicó a cada pequeño grupo de estudiantes durante y tras cada sesión de clase. Los resultados, que se presentan en la Tabla 9.14, provienen de la observación del profesor en clase, del análisis las 23 hojas de resultados, entregadas por cada uno de los 17 grupos al finalizar la sesión, y del intercambio de impresiones llevado a cabo con cada pequeño grupo de estudiantes al inicio de la siguiente sesión. Este intercambio de ideas entre profesor y estudiantes tuvo como finalidad, como ya se comentó anteriormente, comunicar al pequeño grupo las posibles mejoras en los procedimientos y, también, contrastar aquellos aspectos que resultan dudosos de interpretar en la hoja por parte del profesor.

Tabla 9.14

Resultados promedio para cada procedimiento por sesión

Procedimientos	Sesiones						
	1	2	3	4	5	6	7
Identifica el problema y plantea cuestiones	1	2,7	1	2,4	3,7	3,9	3,6
Formula predicciones e hipótesis	3,1	3,2	3,8	3,9	3,6	3,9	3,9
Mide magnitudes y recoge datos	2,3	2,8	2,9	3,4	3,2	3,5	1
Utiliza técnicas básicas para el trabajo de laboratorio	1	2,9	1,9	3,2	2,8	3,2	2,3
Realiza cálculos matemáticos y ejercicios numéricos	1,8	3,2	1,9	3,8	3,5	2,8	1
Establece conclusiones	3,1	2,6	3,1	2,7	2,9	3,4	3,5

Conviene señalar que aquellos procedimientos cuya puntuación promedio es 1 han sido clasificados como *no interpretables*, debido a que las características de la actividad correspondiente no daba lugar al análisis de ese contenido en cuestión (identificación y técnicas de laboratorio, en la Sesión 1; identificación, en las Sesión 3; medición de magnitudes y cálculos matemáticos, en la Sesión 7). En la Figura 9.38 se expone la evolución de estos procedimientos a lo largo del desarrollo de las sesiones.

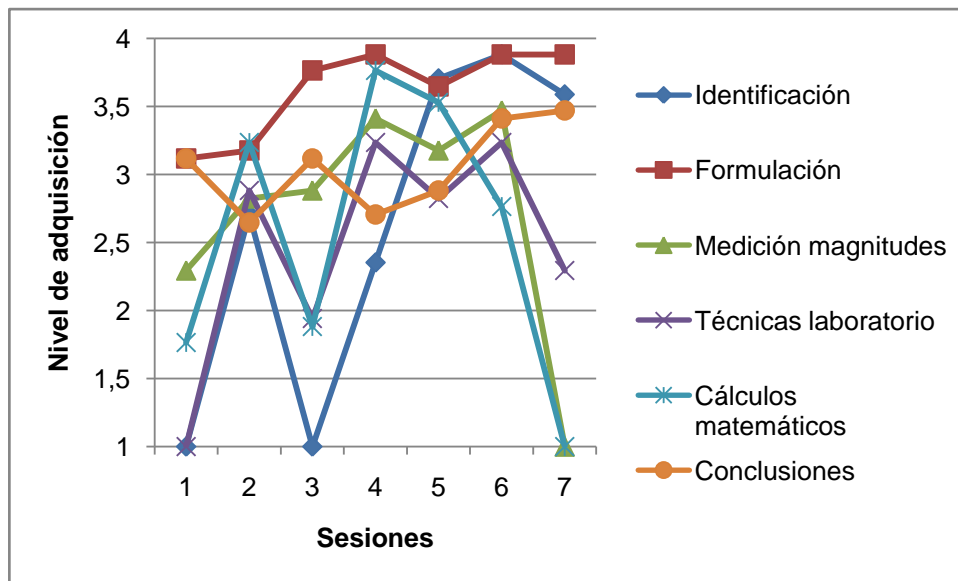


Figura 9.38. Evolución del nivel de adquisición de los procedimientos por sesión.

En general, puede observarse una tendencia positiva a lo largo de las sesiones. Esta evolución positiva creemos que se debe, principalmente, al intercambio de ideas entre profesor y estudiantes al comienzo de cada una de las sesiones. De este análisis, específicamente, puede desprenderse que los estudiantes:

- De forma menos acusada que en otros procedimientos, han progresado en la identificación del problema que se les plantea, sin tener en cuenta,

como ya hemos comentado, aquellas actividades en las que este procedimiento no tenía lugar.

- Han experimentado una mejora significativa en lo que se refiere a la formulación de las hipótesis, cuya evolución se ha mantenido creciendo a lo largo de todo el proceso de enseñanza.
- Han mostrado carencias en la medición de magnitudes, lo cual ha estado patente en la resolución y conclusión de las actividades realizadas. Si bien, han mostrado una mejora a lo largo de la experimentación que ha distado del procedimiento anterior.
- Presentan dificultades en las técnicas de laboratorio, cuyos niveles han fluctuado a lo largo de la propuesta. Creemos necesario insistir en este procedimiento para evitar errores que, unidos a una medición inadecuada, den lugar a conclusiones incorrectas.
- Advierten ciertas carencias en los cálculos matemáticos, los cuales se acentúan más en operaciones donde intervienen cocientes y/o cambios de unidades, provocando la oscilación que presentan los niveles adquiridos a lo largo del proceso.
- No siempre realizan una exposición de las conclusiones de forma adecuada. Por ello, es conveniente, de forma continuada, insistirles en la necesidad de elaborar unas conclusiones acordes con la experimentación. De ahí, que no siempre el nivel alcanzado en este aspecto haya sido el adecuado.

De forma análoga a los procedimientos, se utilizó el instrumento de análisis del Anexo VII para la obtención de los resultados relativos a la actitud de los estudiantes. Estos resultados se presentan en la Tabla 9.15.

Tabla 9.15

Resultados promedio para cada actitud por sesión

Actitudes	Sesiones						
	1	2	3	4	5	6	7
Valora y contrasta la información	1,6	2,5	1,9	2,7	2,7	2,8	2,3
Mantiene el orden y la limpieza en el trabajo	1,7	2,8	1	1,9	2,8	2,2	2,1
Colabora con la dinámica de la clase	2,4	2,8	1,8	2,8	2,9	2,7	2,8

El progreso de estas actitudes se manifiesta en la Figura 9.39.

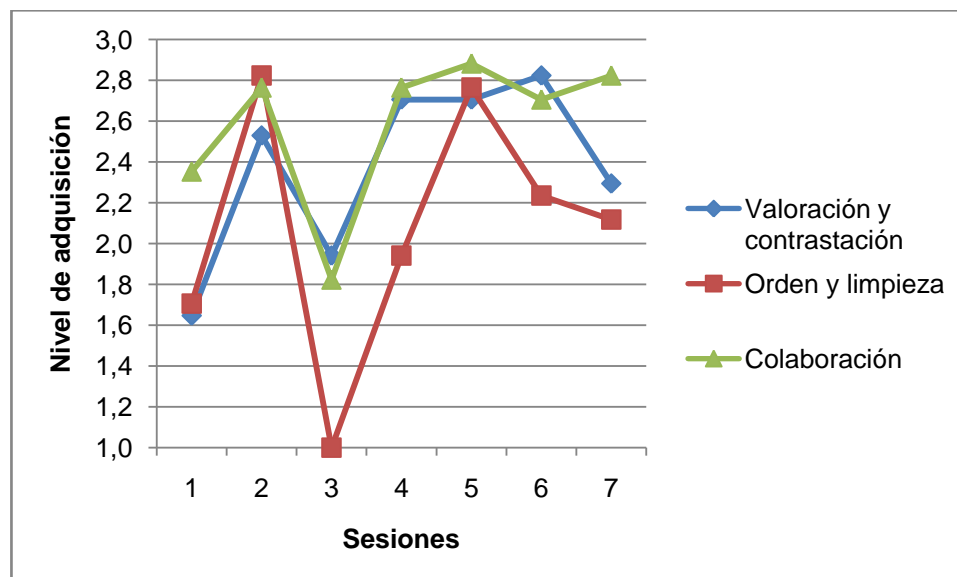


Figura 9.39. Evolución del nivel de adquisición de las actitudes por sesión.

En este caso, podemos afirmar que:

- La valoración y contrastación de la información ha mostrado, en general una tendencia positiva que parece decaer en la última sesión, posiblemente debido a que en ella se incluía una actividad de lectura que rompía con la dinámica de trabajo que los estudiantes mantuvieron durante todo el proceso.
- En cuanto al orden y la limpieza en el trabajo, se observa una cierta caída en la parte final del proceso. El motivo puede encontrarse en el reparto de las tareas que realizan los componentes del grupo, pues ciertos estudiantes eluden la limpieza del material, lo que origina malestar en el resto de los componentes y la consecuente decadencia en el nivel adquirido en sesiones anteriores.
- En todo momento los estudiantes han colaborado con el profesor y con el resto de sus compañeros, exceptuando casos aislados que han modificado el nivel adquirido.

Es de señalar que se etiquetó, como *no interpretable* la valoración de la actitud *mantiene el orden y la limpieza en el trabajo*, en la Sesión 3, debido a que no fue posible su valoración por el profesor. Además, no encontramos una razón por la cual las actitudes hayan mostrado un descenso en esta tercera sesión, que consideramos, por tanto, una fluctuación puntual.

9.5. Valoración de los estudiantes sobre la propuesta de enseñanza

9.5.1. Actitudes mostradas ante la actividad de iniciación

En el análisis de la valoración de la propuesta por los estudiantes creemos necesario hacer referencia a las impresiones causadas en estos por la actividad de iniciación-motivación (A0.1). Consideramos que la finalidad perseguida con esta actividad coincide con las características de este apartado.

Descripción. Como actividad de iniciación-motivación, que marcó el inicio de la secuencia de actividades, se proyectan dos fragmentos de películas. La primera de ellas, procede de la película *Terminator 2*, y la segunda de la película *El Señor de los Anillos* (Figura 9.40).

Estos fragmentos se proyectaron de forma continua y, tras un período de cinco minutos para que los estudiantes reflexionaran sobre ellos, se volvió a repetir la proyección, comenzando a continuación el debate. La atención de los estudiantes durante estas proyecciones se mantuvo en todo momento.



Figura 9.40. Escenas de cada uno de los fragmentos proyectados.

En primer lugar, el profesor realizó una breve introducción de los conceptos que se iban a estudiar y sobre el objetivo que perseguía la proyección de estos fragmentos. Se les pidió que fueran críticos en el análisis de las proyecciones y detectaran posibles incongruencias relacionadas con los conceptos presentados. En el primer fragmento, de un minuto y 30 segundos de duración, se observa la inmersión de una máquina de acero en lava y, en el segundo, el personaje Smeagoll (Gollum) junto con su anillo se hunden en el mismo fluido. La duración de este último fragmento fue de dos minutos y 22 segundos. La

corta duración de las proyecciones se justifica para mantener la máxima atención de los estudiantes, pues nuestra experiencia docente nos demuestra que, el largo visionado de películas impide al alumnado mantener la atención en todo momento.

Desarrollo e impresiones de los estudiantes. En el primer fragmento se les indicó a los estudiantes que supusieran el Terminator hecho mayoritariamente de acero y, el fluido donde se hundía como lava. Los datos de la *densidad* del acero (7800 kg/m^3) y de la lava (3000 kg/m^3) no se les proporcionaron al alumnado. Tampoco se les apuntó para el segundo fragmento, que al estar el cuerpo humano constituido mayoritariamente por agua, podíamos considerar la *densidad* de este como 1000 kg/m^3 , *densidad* del agua pura.

La mayoría de los estudiantes no intuyó la idea principal subyacente a los fenómenos que aparecían en estas proyecciones, tras el visionado de estas. Sin embargo, tras el comienzo del debate y durante el transcurso del mismo diversos planteamientos se fueron mostrando. Estos planteamientos estaban relacionados con la inexistencia de algún tipo de error en los fragmentos. No obstante, las primeras ideas relacionadas con la flotabilidad indicaban:

"es normal que cuerpos con peso se hundan en lava"

"en el segundo caso, el anillo que lleva Gollum tarda en hundirse porque pesa muy poco pero, como Gollum pesa más, se hunde pronto en la lava"

Como ya hemos comentado durante el análisis de las concepciones alternativas relativas a esta temática y, de la misma manera que comprobamos en nuestro estudio, la asociación entre el hundimiento de los cuerpos y los objetos pesados surgen de forma inmediata.

Algunos estudiantes compartían la idea que la "*densidad* del acero debe ser muy alta y, por tanto, se hunde en lava", pero no planteaban dudas sobre el hundimiento de un cuerpo humano en este fluido.

En definitiva, tras este intercambio de ideas, creemos que se preparó la situación idónea para comenzar con el estudio de las propiedades de la materia de las que trata nuestro trabajo y, por tanto, el objetivo inicial que se pretendía alcanzar con el planteamiento de esta actividad se considera alcanzado.

9.5.2. Cuestionario de valoración sobre la propuesta

Con el objetivo de conocer si el desarrollo de la propuesta de enseñanza les pareció o no interesante y atractivo a los estudiantes, se les presentó un cuestionario de valoración (Anexo VIII, p. 303) que se completó de forma anónima e individual tras la finalización de la misma.

Los resultados se muestran en la Tabla 9.16.

Tabla 9.16

Cuestionario de valoración de los estudiantes sobre la propuesta

Ítems	Valoración promedio
1. Lo aprendido en este proceso ha generado cambios en algunas ideas que tenía sobre propiedades de la materia. Ejemplo:	2,6
2. En todo momento durante el desarrollo de la unidad he sabido lo que hacía y para qué lo hacía.	2,5
3. Siempre he tenido oportunidad de compartir mis ideas sobre el tema y aclarar mis dudas. Ejemplo:	2,8
4. Me ha gustado mucho este tema, porque ...	2,9
5. Hemos tratado conceptos muy difíciles y no he entendido nada sobre ellos. Ejemplo:	1,3
6. Esta forma de organización de la enseñanza provoca que me guste menos la asignatura. Ejemplo:	1,2
7. He aprendido procedimientos de laboratorio que no conocía. Ejemplo:	3,0
8. Como sugerencias para otra ocasión propongo:	

Adaptada de Osuna et al. (2012).

Los resultados indican una aceptación generalizada de los estudiantes por esta estrategia de enseñanza. La puntuación de las cuestiones redactadas de forma afirmativa supera o iguala en todos los casos el 2,5; mientras que las que redactaron negativamente se acercan al 1.

De forma específica, cuando se les pregunta sobre las ideas que han cambiado respecto a las propiedades de la materia, alguno indica que "he aprendido lo que es

exactamente la *densidad*", lo cual se convierte en un argumento de *peso* para corroborar los resultados de la propuesta.

Señalan que siempre "he podido compartir mis ideas en los debates de clase", característica que fundamenta el diseño de nuestra estrategia didáctica en clase.

Otros apuntan que "este tipo de aprendizaje me resulta más ameno y diferente", cuando se les anima a que den su opinión sobre este tipo de enseñanza. Esto ayudaría a un cambio de actitud hacia la ciencia, en general, si fuese la metodología que predominase en el proceso de enseñanza.

En cuanto a los procedimientos de laboratorio, tenemos afirmaciones como "lo que menos me costó fue medir volúmenes de sustancias", "hacer cosas prácticas de cosas estudiadas ayudan a entender más los conceptos", o "he aprendido a usar correctamente la pipeta y otros instrumentos de laboratorio". Es decir, los estudiantes le ven utilidad a los procedimientos que hemos desarrollado en clase que, posiblemente, producirá que no se olviden con el paso del tiempo.

Y, por último, la recomendación que más se ha repetido referida al Ítem 8 es "hacer más clases en el laboratorio". Los estudiantes demandan, por tanto, un aumento de las actividades experimentales ausentes en la enseñanza tradicional, como señalaba Torres (2010).

Por tanto, aunque a nivel de contenidos, se sugiere necesario realizar mejoras de ciertos aspectos que no han sufrido la evolución esperada, todo parece indicar que el diseño metodológico es acertado y, en ese sentido, trabajaremos en estudios posteriores.

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES

10. CONCLUSIONES

10.1. Introducción

Esta investigación consta de tres etapas: estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes (Etapa I), análisis de los libros de texto (Etapa II) y experimentación de una propuesta de enseñanza (Etapa III). A continuación, a modo de recordatorio, resumimos el trabajo realizado.

Para solventar las dificultades de enseñanza que los docentes nos encontramos en la aula a diario acerca de los conceptos elementales *volumen*, *masa* y *densidad*; hemos considerado necesario embarcarnos en un estudio exhaustivo que nos explique el origen de estas dificultades (Etapa I).

De ahí que optásemos por realizar un estudio bibliográfico sobre las concepciones alternativas del alumnado relacionadas con la temática en cuestión, que nos fijó el punto de partida de nuestra investigación. Sin embargo, el alumnado que cada curso nos encontramos en las aulas presenta una gran diversidad que no tiene por qué seguir un mismo patrón. Esto se debe, por ejemplo, al desarrollo tecnológico y social con el que se enfrenta cada una de las generaciones y que, de forma irremediable, influye en las concepciones que estos estudiantes desarrollan.

Esta es la razón por la que no nos conformamos con fundamentar nuestro trabajo de investigación únicamente en estudios anteriores sobre concepciones alternativas, sino que decidimos confrontar estas concepciones con las que poseen nuestros estudiantes en la actualidad (Muestra 1). Además, ampliamos y profundizamos el estudio, situando al alumnado ante diversos fenómenos planteados de diferente forma, para caracterizar mejor el origen de las dificultades.

Bajo la hipótesis de que una de las causas que generan o apoyan estas ideas inadecuadas puede estar en los libros de texto, realizamos un análisis de este recurso (Etapa II). Encontrarnos en el tránsito hacia una nueva ley de educación (de LOE a LOMCE) nos llevó, además, a realizar un estudio de la evolución sufrida por los contenidos que nos ocupan en este proceso. En él hemos contrastado, de nuevo, carencias didácticas que se siguen repitiendo en estos libros con el paso del tiempo. Igualmente, encontramos algunas correspondencias entre las concepciones alternativas de los estudiantes y las deficiencias didácticas que presentan los textos.

El vínculo establecido entre estas dos etapas en nuestro trabajo justifica que, anteriormente, realizásemos una síntesis de los resultados de forma conjunta e, igualmente, en este apartado presentemos las conclusiones del mismo modo.

Finalmente, se estudió cómo mejoraba el aprendizaje de los estudiantes (Muestra 2) mediante la implementación de una propuesta de enseñanza aplicada en tercer curso de ESO. Esta propuesta no solo contempla la evolución de los contenidos conceptuales de los estudiantes respecto al *volumen*, la *masa* y la *densidad*, sino que también analiza los procedimientos y actitudes de estos durante el desarrollo de la misma. El diseño de nuestra propuesta didáctica ha pretendido, por un lado, enmendar aquellos aspectos afines a las propiedades de la materia estudiadas que los libros de textos no contemplan y, por otro, escapar de las imperfecciones que subyacen en la enseñanza tradicional de las ciencias. De aquí, surge un diseño de orientación constructivista basado en la investigación dirigida, cuyas conclusiones exponemos a continuación.

En todos los casos, se responderá a las preguntas de investigación formuladas en el Capítulo 2.

10.2. Conclusiones de las Etapas I y II

Se considera necesario conocer, en profundidad, cuáles son los esquemas conceptuales de los estudiantes para poder diseñar estrategias que los modifiquen (Carrascosa, 2005) y, con esa intención, se desarrolló la Etapa I.

En la Etapa I se pretendió abordar la pregunta amplia de investigación:

¿Cuáles son las concepciones alternativas que tienen los estudiantes de tercero de ESO respecto al *volumen*, la *masa* y la *densidad*?

Para lo cual, desarrollamos las siguientes preguntas específicas:

1. ¿Tienen conocimiento del *volumen*, la *masa*, y la *densidad* de objetos cotidianos, así como de las unidades más frecuentes usadas en estas magnitudes?

2. ¿Saben diferenciar en qué circunstancias se conservan estas propiedades frente a cambios de forma o de estado de la materia?
3. ¿Relacionan la *densidad* con el grado de compactación de la materia en sus distintos estados de agregación?
4. ¿Saben interpretar adecuadamente qué variables influyen en el *volumen* de agua desalojado por un cuerpo sólido en inmersión y en el fenómeno de *flotación* de sólidos en líquidos?
5. ¿Identifican la *densidad* como propiedad específica de la materia y conocen sus consecuencias?

Contrastado que persisten ideas inadecuadas y dificultades al aplicar los conceptos que nos ocupan, el siguiente paso consiste en buscar una relación entre estas dificultades y la forma en la que los contenidos se plantean en los textos.

Así, en la Etapa II, nos preguntamos:

¿Qué tratamiento hacen los libros de texto de segundo (LOMCE) y tercero (LOE) respecto a los conceptos de *volumen*, *masa* y *densidad*?

Pregunta desarrollada a través de las preguntas específicas:

1. ¿Muestran ejemplos sobre el *volumen*, la *masa* y la *densidad* de objetos presentes en la vida cotidiana y de sus unidades más comunes?
2. ¿Explican qué propiedades permanecen inalterables frente a los cambios de estado o de forma de la materia?
3. ¿Indican cómo varía la *densidad* con el grado de compactación de la materia?
4. ¿Explican de qué depende el *volumen* desalojado por un sólido inmerso en un líquido y el fenómeno de *flotación* de cuerpos?
5. ¿Destacan la importancia del carácter específico de la *densidad* en todos sus aspectos?

Por los motivos expuestos anteriormente, presentamos de forma conjunta las conclusiones relacionadas con las Etapas I y II, y organizadas en el mismo orden en el que se presentaron las preguntas de investigación correspondientes.

Creemos necesario recordar en este punto que el análisis y contraste de las concepciones alternativas se realizó en alumnado que finalizaba tercer curso de ESO, por ser el momento en el que los contenidos que tratamos debían estar completamente afianzados. Asimismo, las conclusiones están referidas, como no podía ser de otra forma, a los estudiantes participantes (Muestra 1) y a la muestra de libros de texto que formaron parte de nuestro estudio.

10.2.1. Acerca de los conocimientos sobre *volumen*, *masa* y *densidad*, así como de las unidades más frecuentes

En relación a los conocimientos que tienen los estudiantes que finalizan tercero de ESO respecto a los conceptos *volumen*, *masa* y *densidad*, de sus unidades y de la forma en la que estos aspectos aparecen en los textos, concluimos que:

- Tienen dificultades para la estimación de volúmenes y masas de objetos que forman parte de su vida diaria. En los libros de texto analizados no es habitual encontrar ejemplos de *masa* o *volumen* de objetos cotidianos.
- Son capaces de relacionar valores de densidades de sustancias mediante comparación y estando todas ellas en las mismas unidades. En los textos 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.
- No tienen claro cuáles son las diversas unidades en las que suele expresarse la *densidad*. Perteneciente a este aspecto, en los textos no se pone suficiente énfasis en las distintas unidades en las que nos podemos referir a esta magnitud. El significado de *masa por unidad de volumen*, se figura entendido por el alumnado, siendo pocos los libros que indican cómo se llevan a cabo un cambio simultáneo de dos unidades (por ejemplo de g/cm^3 a kg/m^3) 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, sin incidir suficientemente en el análisis del significado físico y su diferenciación de otros conceptos.

- Aunque no podemos afirmar que conozcan, a partir de una lista dada, qué representa en sí la *densidad*, son capaces de identificar las sustancias según sea su relación *masa/volumen*. En los libros suelen aparecer actividades resueltas donde 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, comparativa 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 meramente 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).

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.

10.2.2. Acerca de las circunstancias en las que se conservan el *volumen*, la *masa*, o la *densidad*

En cuanto a las condiciones de conservación de *volumen*, *masa* y *densidad*, los estudiantes manifiestan que:

- En los cambios de forma de objetos no tienen clara la conservación de estas magnitudes, asociando los cambios de forma con cambios en el *volumen*. El hecho de que la medida de las masas y volúmenes de sustancias u objetos se haga de forma directa, no mejora los resultados obtenidos para estas magnitudes respecto a la *densidad*. Si las magnitudes de las que depende la *densidad* no están aún asimiladas por los estudiantes, difícilmente podrá estarlo esta. El análisis realizado en los

libros de texto de la muestra, pone de manifiesto que ninguno recuerda que un cambio de forma no altera el valor del *volumen* de un objeto. 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.

- En los cambios de estado de sustancias y, en particular el caso del carácter anómalo del agua, tampoco exponen explícitamente cuáles son las magnitudes que se conservan. Además, puede que, como se ha descrito en la literatura (Pozo et al., 1991) en los cambios de estado, poder interpretar o conocer una transformación (solidificación), no resulta igual de sencillo que la inversa (fusión); ni implica que deduzcan sus consecuencias (cambios de *volumen*).

En cuanto a los libros de texto, menos de la mitad de los textos LOE hacen referencia al cambio de *densidad* esperable en la materia al cambiar de estado; aspecto mejorado sutilmente con la nueva ley, observándose más dedicación a tratar la distinta *densidad* que presenta una sustancia dependiendo del estado en el que se encuentre. Apenas dos libros LOE y uno LOMCE, de distintas editoriales, hacen 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 pocos a su *masa*, *peso* y *densidad*, que es precisamente donde tropiezan los estudiantes.

Todo lo descrito anteriormente no facilita el camino para que los estudiantes logren un aprendizaje significativo de estos conceptos.

10.2.3. Acerca de la relación entre *densidad* y grado de compactación de la materia

Las conclusiones obtenidas del diagnóstico de las concepciones alternativas del alumnado de tercero respecto a la relación entre la compactación de la materia y su *densidad*, indican que estos:

- Muestran pocas dificultades a la hora de relacionar el grado de compactación de la materia con la *densidad* en estado sólido. Sin

embargo, esta dificultad crece de forma significativa cuando se encuentran ante el estado líquido y, aún más, al tratarse de gases. La percepción directa de esta relación en sólidos no parece presentarse en los otros dos estados, sobre todo en el gaseoso, lo cual impide su comprensión. Estas ideas son coherentes con resultados de la literatura (Prieto, Blanco y González, 2000), que indica que las propiedades del estado sólido son más intuitivas de entender que las de los otros estados. La confusión frecuente entre *viscosidad* y *densidad* parece influir en la aparición de concepciones alternativas relacionadas con líquidos.

La noción cualitativa de *densidad*, por ejemplo, como una descripción de *lo concentrada que se encuentra la materia* destaca por su ausencia en los libros de texto. De forma gráfica, solo una minoría de los libros analizados resalta el contraste entre los valores de densidades de sustancias sólidas, mejorando este tratamiento los libros LOMCE; mientras que el establecimiento de comparaciones entre densidades para el estado líquido aparece, mayoritariamente, por la necesidad de la explicación de un mismo ejemplo. Se repite de un texto a otro el método de decantación agua-aceite para la separación de mezclas heterogéneas. Esta circunstancia conduce a especular sobre la creatividad de los autores de estos libros, ya señalada por Pardo (2004). Aunque podemos estar de acuerdo en que, desde el punto de vista de la separación de sustancias, esta actividad puede resultar efectiva y suficiente para su asimilación por parte de los estudiantes, creemos que es necesario aumentar la variedad de ejemplos para tratar la distinta *densidad* en líquidos. Y es, precisamente en este aspecto, en lo que reclamamos una mayor creatividad por parte de los autores de los textos. Por ejemplo, se podría hacer referencia al fundamento físico de las populares *lámparas de lava*. También, una manera de comparar densidades de líquidos lo constituye verificar la línea de *flotación* de sólidos, como los aerómetros, que se podrían mostrar o proponer construir con material casi exclusivamente casero.

En el caso de los gases solamente se establece la relación entre *densidad* y la noción de grado de compactación de sus partículas, al hilo de tratar la teoría cinética, sin tratar la influencia de la *temperatura* en la variación de la *densidad*. Esta deficiencia encaja con la ausencia de

conocimiento de este contenido por parte de los estudiantes (Raviolo et al., 2005). La tendencia normal en los textos es entrar de lleno en su explicación, sin plantear una revisión previa sobre la comprensión de conceptos más básicos que son un pre-requisito (como es el caso de la *densidad*). Así se confirma lo que indicaba Aguilar (2011), en torno a la alta frecuencia en que se dan por entendidos aspectos relativos a dicho concepto. Por otra parte, los textos presentan grandes carencias por la falta de ejemplos cotidianos, esquivando los principios para una construcción adecuada de conocimientos apuntada por Morris et al. (2015). La presencia de los sistemas de presurización en la cabina de los aviones (justificado por la disminución de la *presión* y la *densidad* del aire con la altura) o la *flotación* de globos en aire (sea por elevar la *temperatura* del mismo aire o por llenar un globo de un gas de menor *densidad* que este, como el helio), etc., podrían ser ejemplos de fenómenos a considerar, que no aparecen.

10.2.4. Acerca del *volumen* de fluido desalojado por un sólido en inmersión y de la *flotación*

El estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes relativas a este aspecto nos indica que estas no se han abordado o no se ha hecho de forma adecuada, observándose que:

- No han asimilado de qué depende el *volumen* que desaloja un sólido cuando se sumerge totalmente en un líquido: relacionan el *volumen* desalojado con el *peso* o *masa* del objeto en cuestión (a mayor *peso* más *volumen* desaloja) y con la profundidad de inmersión (cuanto mayor sea la profundidad mayor será el *volumen* desalojado). La interpretación de este tipo de situaciones suele estar acompañadas de concepciones alternativas que también han sido identificadas por otros autores (Joung, 2009; Madrigal y Slisko, 2010).

Los textos (LOE y LOMCE) muestran repetitivamente una conocida experiencia donde se supone que los estudiantes verificarán la medida del *volumen* de un pequeño sólido irregular, mediante su inmersión completa en una probeta. Sin embargo no hemos encontrado un solo caso en el que el texto invite a comprobar, previamente, el prerrequisito de que el alumnado sabe que la

cantidad de líquido desbordado no es proporcional al *peso* del sólido, ni a la profundidad a la que se encuentre (totalmente hundido). Conociendo de primera mano el fuerte arraigo de estas concepciones alternativas, cabe cuestionarse qué conclusiones pueden extraer los estudiantes de la popular experiencia.

- No entienden, por completo, de qué depende la *flotación* de cuerpos en fluidos, señalando que los cuerpos que flotan son los menos pesados o los que tienen menos *masa*, mientras que los cuerpos con mucho *peso* se hunden. Los resultados son buenos cuando se les presenta el fenómeno de *flotación* de un mismo sólido en líquidos de distinta *densidad* y empeoran cuando se expone la situación de distintos sólidos (distinta *densidad*) en un mismo líquido.

La *flotación* de sólidos en líquidos, sí se suele ejemplificar en los textos de ESO pero no se llegan a tratar ejemplos que pueden resultar enigmáticos e interesantes para el alumnado y que pueden llegar a interpretarse con ayuda del concepto de *densidad*. De esta forma, es muy posible que, sin este tipo de ejemplificaciones, perdure el razonamiento monocausal, reseñado por Madrigal y Slisko (2010), para la explicación de este fenómeno. La interpretación del fenómeno, indicada por Couso (2014), no aparece ni siquiera en los libros en los que sí se menciona la *densidad* como causa de la *flotación* de cuerpos.

- Aspectos como la viabilidad de una flotabilidad variable de un sólido en un mismo líquido, no se discuten en ninguno de los libros analizados. Por ende, no aparecen ejemplos conocidos como dilucidar la razón por la cual un submarino es capaz de variar su profundidad de inmersión, o la consideración del papel de la vejiga natatoria en los peces. Los estudiantes de tercer curso de nuestra muestra presentan grandes dificultades para la explicación de estos fenómenos, obteniéndose respuestas similares a las presentadas por Álvarez y Bernal (2000) en su trabajo. En él justificaban el hundimiento, por el alcance de proyectiles, de un submarino “por el aumento de *peso* al entrar agua”. Al igual que los estudiantes de nuestra muestra de estudio sustituyen en el razonamiento la palabra *densidad* por *peso*. No son conscientes de que, por sí solo el *peso* de un objeto no determina su hundimiento, sino que es necesario tener en cuenta el *volumen* en el que está distribuido ese *peso*.

Ya se ha manifestado hace tiempo (Caldeira, 2005), la amplia profusión de ejemplos que deben ser analizados por los estudiantes para que un concepto llegue a ser plenamente comprendido, pero ante este escenario, poco se puede esperar de la contribución de los textos a este cometido.

10.2.5. Acerca de la *densidad* como propiedad específica de la materia

El estudio de este último aspecto nos lleva a obtener las siguientes conclusiones respecto a las concepciones alternativas:

- No tienden a utilizar la *densidad* como herramienta para diferenciar unas sustancias puras de otras y, en particular, algunos piensan que la *densidad* depende de la *masa* de la sustancia.

Sin embargo, en todos los textos aparecen la clasificación y definición de propiedades específicas y generales de la materia, incluyendo la *densidad* como una característica específica de las sustancias puras.

- No conocen la diferencia entre *densidad* y *viscosidad*, admitiendo que aquellas sustancias que son densas también son viscosas.

En relación a este último aspecto, es destacable la deficiencia de los textos en lo relativo a la diferenciación entre *densidad* y *viscosidad*, aspecto tratado de forma muy sutil únicamente por uno de los textos LOMCE analizados.

En lo que se refiere a la diferencia entre *densidad* y *concentración*, recalcada en la mayoría de los textos LOE, resulta llamativo que desaparezca en los textos LOMCE de las mismas editoriales

Con respecto a la forma en la que se presenta el concepto en los textos, en la mayoría de los libros la *densidad* aparece como un contenido específico al que se le dedica parte de una unidad didáctica. Esto indica que, se considera como un contenido ineludible dentro del currículum.

En síntesis, los resultados obtenidos en estas etapas de la investigación revelan que, si bien no hemos encontrado 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.

Aunque, en algunos casos la evolución en la forma de presentar los contenidos, mencionada por Jiménez y Perales (2011), se ha producido tras la comparación de los textos LOE y LOMCE (introducción cualitativa de la *densidad* o mayor variedad de ejemplos gráficos sobre *densidad* de sólidos), creemos que en otras situaciones existe un estancamiento e incluso un retroceso (diferencia entre *densidad* y *concentración*). Continúa existiendo falta de claridad en las argumentaciones que ofrecen los textos (Catalán et al., 2009), como ocurre en el caso de la *flotación* de sólidos en líquidos. No es que, de forma exclusiva, los libros de texto sean responsables de la aparición de las concepciones alternativas de los estudiantes (Cortés, 2006), puesto que también influirá la forma en la que el profesorado presente el contenido de estos (Michinel y D'Alessandro, 1994), pero estamos convencidos de que contribuyen a su origen y/o permanencia (Binns y Bell, 2015). Aún seguimos observando la simple presentación matemática de conceptos, eludiendo la comprensión de fenómenos de la vida cotidiana (Botero, 2010) y obligando a los estudiantes a realizar bastante esfuerzo intentando 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 a tratar en toda su amplitud (Caldeira, 2005).

Ante esta situación, propusimos el desarrollo y experimentación de una propuesta de enseñanza que fuese capaz de solventar las deficiencias en los libros encontradas, basada en una pluralidad de actividades diseñadas teniendo en cuenta estas concepciones alternativas.

10.3. Conclusiones de la Etapa III

Presentadas las conclusiones que relacionan las concepciones alternativas de los estudiantes de tercer curso de ESO con el tratamiento de los contenidos sobre *volumen*, *masa* y *densidad* en los textos, pasamos a exponer las conclusiones relativas a la propuesta de enseñanza.

De la misma forma que para las etapas I y II, se realizará una presentación de las conclusiones siguiendo el orden de las preguntas de investigación propuestas al inicio de este trabajo, indicando si la propuesta diseñada y desarrollada ha mejorado los conocimientos de los estudiantes relativos a los contenidos antes mencionados. También se caracterizan los procedimientos y actitudes desarrollados en la propuesta.

En esta etapa, la pregunta amplia de investigación que nos planteamos fue:

¿Qué aprenden los estudiantes de tercero de ESO después de participar en una secuencia de enseñanza, con unas actividades diseñadas teniendo en cuenta las deficiencias detectadas?

Y las preguntas específicas de investigación, redactadas con el objetivo de profundizar en el origen y resolver las dificultades encontradas en los estudiantes, anteriormente descritas, son:

1. ¿Conocen los conceptos *volumen* y *masa*, sus unidades, así como su cálculo en situaciones de la vida cotidiana?
2. ¿Entienden la dependencia del *volumen* desalojado por un sólido inmerso totalmente en un líquido?
3. ¿Reconocen las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*?
4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos *volumen*, *masa* y *densidad*?
5. ¿Reconocen el concepto *densidad* y lo utilizan para la identificación de sustancias?
6. ¿Utilizan la *densidad* para justificar el fenómeno de la *flotación*?
7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la *densidad*?
8. ¿Diferencian los conceptos *densidad* y *viscosidad*?

Previo al análisis de cómo la propuesta de enseñanza había mejorado cada uno de los aspectos versados en las preguntas específicas de investigación, hicimos un análisis general de los conocimientos adquiridos por los estudiantes tras la aplicación de esta, mediante el análisis estadístico descrito en el Apartado 9.2.1. El análisis arrojó que la propuesta de enseñanza mejoró, de forma general, el conocimiento de los estudiantes sobre el *volumen*, la *masa* y la *densidad*. Además, al clasificar el *tamaño del efecto*, observamos que la propuesta de enseñanza no

solo resultó ser efectiva, sino que podemos considerar que, de forma global, el grado de efectividad fue *muy alto*.

10.3.1. Relacionadas con la comprensión de los conceptos de *volumen* y *masa*, así como su cálculo en ejemplos de la vida cotidiana

Los aspectos relativos a la primera pregunta de investigación se encuentran relacionados con los ítems 1, 2 y 3 del cuestionario. Del análisis de los resultados de estos ítems se concluye lo siguiente:

- La propuesta de enseñanza mejoró los conocimientos de los estudiantes concernientes al cálculo del *volumen* de un líquido a partir de volúmenes expresados en distintas unidades, alcanzando el tamaño del efecto un valor *muy grande*. Sin embargo, el conocimiento promedio obtenido siguió sin lograr el aprobado académico tras la propuesta. El análisis de las actividades realizadas por los grupos a este respecto (Actividad A1.1, Apartado a) nos indica que sí tienen claro el concepto, pero son muy reacios a efectuar operaciones en las que intervienen cambios de unidades de *volumen*. Esto se traduce en la permanencia de dificultades asociadas al cambio de unidades entre las que derivan del m^3 y las derivadas del litro.
- Los estudiantes también mejoraron los conocimientos referentes a los procedimientos para averiguar el *volumen* de objetos sólidos (regulares e irregulares), líquidos y gases, aunque creemos mejorable el resultado. El tamaño del efecto producido por la propuesta se situó en un valor *grande* para el caso de los sólidos (regulares e irregulares) y *medio* para los líquidos y gases aunque, para estos últimos, no alcanzaron el aprobado académico. En el caso de sólidos regulares, los estudiantes mostraron especial predilección por la medición experimental, evitando realizar el cálculo numérico mediante la expresión del *volumen* del objeto en cuestión. La predilección del alumnado por las actividades experimentales se hace patente en el análisis de este aspecto, huyendo de las actividades numéricas que necesitan de la evocación de una expresión matemática y la realización de un cálculo.

Los perfectibles resultados, obtenidos para la medición de gases, consideramos que se deben a dos factores, fundamentalmente. Por un lado, los estudiantes realizaron la actividad de medir el *volumen* de aire expirado (Actividad A3.2) de forma entusiasmada pero, sin ser conscientes, en muchos casos, de la magnitud que se estaba midiendo. Este hecho, unido a la medición experimental de la *masa* de gases a través del aire contenido en un globo, originó que una parte importante de estudiantes confundieran ambas actividades y propusieran calcular el *volumen* de un gas “llevándolo a la balanza y pesándolo”. Bullejos y Sampedro (1990) ya destacaban, en su artículo, la confusión del alumnado respecto a las nociones de *masa* (*peso*) y *volumen*, lo cual implica también la indiferenciación de estos conceptos con la *densidad*. Por otro lado, creemos que también tiene influencia la falta de atención en la lectura de la pregunta que se plantea, factor en el que habrá que seguir insistiendo.

- En relación al concepto de *masa*, los niveles de conocimiento mostrados por los estudiantes, antes y después de la aplicación de la propuesta, para la medición de esta magnitud, son mejores que los obtenidos para el *volumen*, alcanzando la propuesta un tamaño del efecto *medio*. Esto puede deberse a que la *masa* es una magnitud medible de forma directa a través de una balanza (Corona et al., 2007), de la que solo tienen que calcular múltiplos y submúltiplos de una única unidad, lo que no ocurre con el *volumen*. Como comentamos anteriormente, los estudiantes siguen presentando dificultades en la comprensión de la equivalencia entre las unidades derivadas del litro y las que derivan del m^3 . Sin embargo, este problema no existe para el caso de las unidades de *masa*.

Del análisis de las actividades cuyos aspectos no fueron estudiados en el pre-postest, destacamos las actividades A1.3, A3.3 y A4.3. La primera de ellas (A1.3), relacionada con la comprensión del concepto de *masa*, nos revela que los estudiantes siguen confundiendo *masa* con *peso*. De forma contraria que para el *volumen*, la asignatura pendiente es la asimilación del concepto y no su medición. Las actividades A3.3 y A4.3, referidas a la medición de la *masa* en líquidos y gases, respectivamente, revelaron que los estudiantes manejan con soltura la medida de estas magnitudes en estados distintos al sólido.

10.3.2. Relacionadas con la dependencia del *volumen* desalojado por un sólido inmerso totalmente en un líquido

La segunda pregunta de investigación se encuentra relacionada con el Ítem 4 del cuestionario. Perteneciente a este aspecto, concluimos que:

- Tras la aplicación de la propuesta, los estudiantes diferenciaron, de forma significativa, la independencia de la *masa* con el *volumen* desplazado por un sólido cuando se sumerge totalmente en un líquido. Los resultados revelaron que la propuesta fue efectiva a este respecto, situándose el tamaño del efecto en un nivel *medio*.

10.3.3. Relacionadas con las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen*

Este aspecto se encuentra vinculado con los ítems 5, 6 y 7. Las conclusiones del análisis de los resultados son las siguientes:

- En lo referente al cambio de forma, los conocimientos de los estudiantes respecto a las condiciones de conservación de la *masa* y del *volumen* partieron de niveles iniciales dispares. La mejora en la asimilación de la conservación de la *masa*, tras la propuesta, fue significativa y, para el caso del *volumen*, aunque también lo fue, el nivel de conocimiento alcanzado no llegó al aprobado académico. Los estudiantes siguen asociando los cambios de forma con los cambios en el *volumen* de las sustancias. La simplificación en la extensión de las actividades, que nos llevó a comprobar experimentalmente la conservación de la *masa* pero tratar de forma verbal la conservación del *volumen*, podría estar detrás de la permanencia de estas ideas.
- Respecto a los cambios de estado, en el test, los estudiantes mejoraron bastante en la conservación de la *masa* de las sustancias y, asimilaron en mayor grado, la no conservación de su *volumen*. Los resultados reflejaron la efectividad de la propuesta, y el tamaño del efecto alcanzó el nivel *medio*, para la *masa*, y *grande* para el *volumen*. Ahora bien, el fuerte arraigo de algunas concepciones generadas por cierta interpretación de lo

perceptible y los errores cometidos en la medición de las magnitudes, revelados del análisis de la Actividad A2.4 relacionada con este aspecto, llevan a algunos estudiantes a concluir que “el helado sólido pesa más que el líquido”. Es posible que el haber preguntado de forma genérica en un caso y con el ejemplo del helado que están viendo, en el otro, influyera en los resultados. Esto pone en evidencia las limitaciones de las actividades experimentales y, que ciertos principios, como la conservación de la *masa*, necesitan del análisis razonado de muchos ejemplos (Stavy, 1991) para que los estudiantes los hagan suyos.

- En lo referente al proceso de disolución, la aplicación de la propuesta fue efectiva en este caso, siendo *grande* el tamaño del efecto conseguido. Los estudiantes asimilaron que la suma de las masas de las sustancias por separado coincide con la *masa* total de la disolución.

10.3.4. Relacionadas con la comprensión de la relación entre los conceptos *volumen, masa y densidad*

Este aspecto se encuentra vinculado al Ítem 8 del cuestionario. Desde el punto de vista de la efectividad estadística de la propuesta, los resultados han sido dispares, como se refieren a continuación:

- Por una parte, en la Actividad A.1.5a, el alumnado parece que posee cierta noción cualitativa de *densidad*.
- En numerosas ocasiones, los estudiantes siguen sin utilizar el concepto de *densidad* en sus explicaciones cuando se les pide que comparen las masas de dos cuerpos de igual *volumen*, de distinto material. Aunque los resultados muestran que los estudiantes superan el aprobado académico tanto antes como después de la propuesta, la diferencia no ha sido significativa. Por tanto, no ha habido una mejora sustancial en lo relativo a la consecución del objetivo de que la mayoría utilice el concepto de *densidad* en este ejemplo.
- La justificación sigue siendo la misma cuando se les plantea la situación de dos cuerpos de distinto *volumen* y distinto material, al preguntarles por la posibilidad de que la *masa* fuese la misma. Son pocos los que razonan las respuestas en función de la *densidad* o, al menos, del grado de compactación del material que constituye cada objeto. En este caso, en el

análisis de la Actividad A3.5 hemos observado, en una minoría de los grupos, ciertas imprecisiones a la hora de realizar mediciones experimentales (realización de pesadas sin tener en cuenta la *masa* del recipiente, errores de paralaje, etc.), lo cual les ha llevado a la obtención de conclusiones erróneas. Consideramos necesario ampliar el número de tareas como las anteriores donde se les requiera razonar utilizando el concepto de *densidad*. Además, se requiere reforzar actividades que potencien las técnicas instrumentales de toma de medidas en el laboratorio.

10.3.5. Relacionadas con el reconocimiento del concepto *densidad* y su utilización para identificar sustancias

El caso del Ítem 9, relacionado con este aspecto, fue el que presentó una mayor evolución en el nivel de conocimiento alcanzado por los estudiantes (de 0,6 a 2) y, consecuentemente, un mayor tamaño del efecto (*muy grande*). Se concluye que:

- El conocimiento del cálculo de densidades a partir de los datos de *masa* y *volumen*, así como la expresión correcta de sus unidades y la identificación de sustancias a partir de sus valores, vinculando sustancias idénticas con mismo valor de *densidad*, ha sido asimilado de forma correcta. Es decir, la comprensión de la *densidad* como propiedad específica de las sustancias puras (idea señalada por Raviolo et al., 2005) parece haber sido asimilada por la mayoría de los estudiantes, tras la aplicación de la propuesta de enseñanza.

10.3.6. Relacionadas con la utilización de la *densidad* para justificar el fenómeno de la *flotación*

Este aspecto se encuentra relacionado con el Ítem 10. Desde un punto de vista estadístico, concluimos que la propuesta de enseñanza no mejora, de forma significativa, el conocimiento que ya poseen los estudiantes respecto a la explicación de la flotabilidad en función de la *densidad*. Concluimos que:

- Este resultado se debe a que estos partieron inicialmente de un nivel de conocimiento alto, que mejoró levemente tras la aplicación de la propuesta (2,0). El tratamiento de la flotabilidad, por ser un fenómeno muy común en el entorno que nos rodea, quizás haya sido tratada en cursos anteriores y, consecuentemente, resulta conocido por gran parte de los estudiantes.

10.3.7. Relacionadas con la explicación de fenómenos relacionados con gases a través de la *densidad*

En el Ítem 11 se refleja el aspecto al que nos referimos en este apartado. Los conocimientos de los alumnos mejoraron, la propuesta resultó efectiva y el tamaño del efecto *grande*, concluyéndose lo siguiente:

- La adecuada justificación de fenómenos, como la colocación de la rejilla de seguridad en la parte inferior de la pared de la cocina, que se fundamentan en la diferente *densidad* de los gases involucrados (en este caso, por la mayor *densidad* que presenta el gas butano respecto al aire) queda patente en la mayoría de las explicaciones ofrecidas por los estudiantes. A pesar de que el análisis general de los resultados del postest revela dificultades en la explicación de los fenómenos en los que intervienen gases, cuando se trata de comparar densidades relacionadas con los fenómenos de *hundimiento* o *flotación*, estas dificultades se manifiestan menos evidentes, estén relacionadas o no con el estado gaseoso.

10.3.8. Relacionadas con la diferenciación entre los conceptos *densidad* y *viscosidad*

El Ítem 12, concerniente a la última pregunta específica de investigación, ofreció unos resultados positivos en cuanto a la efectividad de la propuesta y el tamaño del efecto (*grande*, en este caso). Concluimos que:

- Las dificultades relacionadas con la diferenciación entre *densidad* y *viscosidad*, señaladas por Raviolo et al. (2005), son resueltas de forma relevante por la propuesta de enseñanza. Aunque, en menor proporción,

hay estudiantes que siguen asociando las sustancias densas con las viscosas.

Como conclusión final de esta etapa, señalar la especial efectividad de ciertas actividades que, no solo lograron que los estudiantes consiguieran su aprobado académico en el ítem correspondiente sino que, además, el tamaño del efecto alcanzado fue *grande o muy grande*. Nos referimos a las siguientes:

- En relación a los ítems 2a y 2b, las actividades A2.1 y A1.2, en las que se mide el *volumen* de sólidos regulares e irregulares, respectivamente.
- Para el caso del ítem 6b, la actividad A2.4, en la que se estudia de forma experimental si afecta a la *masa* de una sustancia un cambio de estado y, de forma teórica, la influencia en el *volumen*.
- Concerniente al ítem 7, las actividades A3.4 y A4.4, relativas a la conservación de la *masa* en un proceso de disolución y en una reacción química, respectivamente.
- Relacionada con el Ítem 9, la Actividad A1.5, en la que se deduce el concepto *densidad* a partir del cociente *masa/volumen*, calculado de forma experimental para sustancias dadas.
- Respecto al Ítem 11, la Actividad A4.6, donde se invita a los estudiantes que investiguen sobre la idoneidad de la colocación de las rejillas de seguridad para el escape de gases en los hogares.
- Y, por último, la Actividad A1.7 relacionada con el Ítem 12, en la que, a través de una tarea de lápiz y papel (análisis de un artículo periodístico sobre el accidente del Prestige), deben dilucidar la diferencia entre la *densidad* y la *viscosidad*.

La gran diversidad trabajada en los contenidos (*masa, volumen y densidad*), la conjugación de tareas experimentales y de lápiz y papel, y el seguimiento de un proceso indagativo, suponemos que ha contribuido al éxito de estas actividades.

10.3.9. Relacionadas con la evolución de ciertos procedimientos y actitudes a lo largo de las sesiones

De la observación del profesor en clase, del análisis de las hojas de resultados entregadas por cada grupo al finalizar la sesión y del intercambio de impresiones llevado a cabo con cada pequeño grupo de estudiantes al inicio de la siguiente sesión, se extraen las siguientes conclusiones:

Respecto a los procedimientos

- Los relacionados con la *identificación del problema, formulación de predicciones e hipótesis y establecimiento de conclusiones* tras la finalización de la actividad experimental, son los que han advertido mayor evolución positiva a lo largo de cada una de las sesiones. El intercambio de ideas entre profesor y estudiantes al comienzo de cada sesión, con el objetivo de comunicar al pequeño grupo los aspectos susceptibles de mejora, creemos que han sido la causa de este progreso.
- La *medición de magnitudes y recogida de datos* y el procedimiento que hemos denominado *utilización de técnicas básicas de laboratorio*, presentan cierta intermitencia en su evolución. Si bien es cierto que se observa, en general, un progreso positivo a lo largo de las sesiones. La realización de una medida de forma correcta o la aplicación de una técnica de forma adecuada dependerá, en muchas ocasiones, del miembro del grupo que la realice.
- Por último, no podemos afirmar que la *realización de cálculos matemáticos* haya experimentado progreso alguno. Este hecho no tiene que ver con una mayor complejidad de estos a medida que avanzaban las sesiones, puesto que siempre han sido cálculos matemáticos sencillos. Los cálculos siguen siendo la asignatura pendiente del alumnado, sobre todo en operaciones en las que aparecen cocientes, se despejan incógnitas o es necesaria la realización de cambios de unidades.

Respecto a las actitudes

- Las relacionadas con la *valoración y contrastación de la información* proporcionada por el profesor y las referidas a la *colaboración intra e intergrupala* han evolucionado positivamente en el transcurso de cada sesión. En este sentido, nos encontramos satisfechos con los resultados

de la metodología utilizada. También hemos comprobado que el cambio del aula ordinaria por el laboratorio fomenta una mejora en la actitud de los estudiantes hacia las ciencias, como se refiere en la literatura.

- Los resultados obtenidos de la valoración del *orden y la limpieza en el trabajo*, confirman lo que tantas veces hemos presenciado con nuestros estudiantes a lo largo de nuestro período docente. Algunos estudiantes eluden la limpieza del material, lo que origina malestar en el resto de los componentes y la consecuente decadencia en el nivel adquirido en sesiones anteriores.

En síntesis, creemos que, en general, la evolución en la adquisición de procedimientos y actitudes ha resultado positiva en la mayoría de los casos. La mejora en estos resultados suponemos que es posible insistiendo en continuar con una forma de trabajo que fomenta su consecución, e incentiva en los estudiantes un aprendizaje sistematizado en relación a las ciencias.

10.3.10. Respecto a la valoración de la propuesta de enseñanza por los estudiantes

Tras llevar a cabo una mayor experimentación, como ya sugería Raviolo et al. (2005) en la literatura, a través de la elaboración de actividades que favorecen la reflexión y la construcción de conocimientos, el análisis de los resultados revela una aceptación generalizada de los estudiantes por la estrategia de enseñanza realizada.

En este sentido, la actividad de iniciación-motivación, que marcó el inicio de la secuencia de actividades, consistió en la proyección de dos fragmentos de películas donde se observaban fenómenos de hundimiento de cuerpos. El intercambio de ideas llevado a cabo tras la proyección, preparó la situación idónea para comenzar con el estudio de los contenidos de nuestro trabajo.

Por otro lado, del cuestionario completado por los estudiantes, se puede concluir:

- Destacan el aprendizaje de los conceptos estudiados, especialmente, el conocimiento de la *densidad*. Como ya indicara Almutasheri et al. (2016), para el caso específico del estudio de la *densidad* y de las magnitudes de las que depende, el aprendizaje por investigación dirigida produce una

mejor asimilación de este concepto, así como en la explicación de fenómenos relacionados con él.

- Señalan la circunstancia de compartir sus opiniones e ideas con el resto de compañeros del grupo. El hecho de que los estudiantes hagan las veces de investigadores noveles trabajando en pequeños grupos (simulando los equipos de investigación de los científicos) y dirigidos por el profesor (como representación de la comunidad científica), fomenta las interacciones estudiante-estudiante y profesor-estudiante (Furió y Guisasola, 2001).

- Apuntan la conveniencia de la realización de actividades prácticas con más frecuencia, para mejorar su aprendizaje de técnicas y manejo de instrumentos de laboratorio. La mejora en la actitud hacia la ciencia por parte del alumnado se muestra patente cuando se encuentran trabajando en un ambiente distinto al aula ordinaria como es el laboratorio, llevándoles a aumentar su rendimiento académico de manera significativa (Baker y Woodward, 2001; Ural, 2016).

En definitiva, animan a superar el modelo basado en la enseñanza tradicional y a utilizar un modelo didáctico en el que tienen más oportunidades de aprender por indagación. Creemos, por tanto, que hemos conseguido incentivar a los estudiantes el interés de aprender por curiosidad y deseo, y no por simple realización de unas tareas que hay que cumplir. Hemos provocado en ellos el hábito de formular hipótesis, experimentar, establecer sus propias conclusiones y ser críticos, respetando las conclusiones de sus semejantes. Han aprendido a repartir y compartir tareas con sus compañeros. Finalmente, hemos intentado propiciar en ellos un aprendizaje significativo, en contra de la memorización mecánica a la que estaban acostumbrados hasta el momento (González, Zerpa, Gutierrez, y Pirela, 2007).

10.4. Limitaciones del estudio

Este estudio ha sido realizado con una muestra pequeña de estudiantes y de libros de texto, lo cual facilita la profundización y la deducción de relaciones entre las variables que intervienen, pero también presenta ciertas limitaciones. Unas

derivadas de la muestra y otras debidas a la multitud de aspectos a los que atender en estos estudios. Entre las limitaciones, destacamos las siguientes:

- Para el desarrollo de las etapas I y III, el hecho de experimentar con grupos no aleatorios ya formados impide, por un lado, tener la certeza de que sean una muestra representativa de lo que ocurre en la realidad y, por lo tanto, hace inviable realizar una extrapolación o generalización de los resultados obtenidos.
- El instrumento de la Etapa I se basó en instrumentos ya validados, a los que se incluyeron cuestiones novedosas en contenido y formato que no fueron sometidas a un estudio piloto. En este sentido, detectamos algunos errores de interpretación, como es el caso del Ítem 7, relacionado con la disolución de una pastilla efervescente en agua. Al mostrarse el recipiente abierto, algunos estudiantes indicaron, de forma correcta, que se escaparía gas y que, por tanto, la *masa* no se conservaría. Otros, los que no tuvieron en cuenta el escape gaseoso, indicaron que la *masa* era la misma antes y después del proceso. Para cumplir con el fin que pretendía el ítem, debimos plantear la situación con un recipiente cerrado. Con un ensayo piloto habríamos podido solventar este inconveniente.
- El estudio de libros de texto de la LOMCE ha estado limitado a una muestra reducida, debido a que muchas editoriales no tenían desarrollados los textos nuevos cuando se abordó dicha tarea.
- En la propuesta de enseñanza se tomaron algunas decisiones para reducir su extensión y ello pudo influir en los resultados. Ya mencionamos las dificultades que conllevaba la investigación dirigida en relación a la simplificación, por parte del profesor, de las situaciones planteadas (Campanario y Moya, 1999). Este sacrificio de parte de los contenidos (en forma de actividades) se debe al tiempo excesivo que necesitan las actividades realizadas por indagación, obligándonos a minimizar este tiempo usando nuestra creatividad y experiencia (Moya et al., 2011). En particular, la eliminación de actividades experimentales y su sustitución por actividades de lápiz y papel, relacionadas con la conservación del *volumen*, pudo estar detrás de los resultados poco satisfactorios obtenidos en este aspecto.
- Con el objetivo de evitar respuestas de memoria, en cuestiones del test y de las actividades experimentales de la propuesta, que trataban sobre el

mismo aspecto, se modificó su contexto. Un ejemplo es la conservación de la *masa* en un cambio de estado. En este caso, no se dieron resultados todo lo satisfactorios que deseábamos durante la propuesta, pero sí en el postest. Aunque el dato final pudiera considerarse el definitivo, creemos que debería ratificarse con una nueva actividad experimental y cuestión, más parecidas a las realizadas durante la propuesta para estar más seguros del aprendizaje logrado en los estudiantes.

- La toma de datos grupales en relación a la evolución de ciertos procedimientos y actitudes, en lugar de datos individuales, también tiene sus limitaciones. No obstante, la necesidad de acotar el exceso de datos obtenidos para poder abordar el análisis de una cantidad realista de los mismos constituye un aspecto de difícil solución.

10.5. Aplicación e impacto de la investigación

La finalidad de nuestro proyecto de investigación, en última instancia, ha estado enfocada a que el estudiante tome parte en métodos, técnicas y estrategias experimentales que les permita ser protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje (González et al., 2007). A partir de aquí, en este trabajo creemos que se ha hecho una aportación a la Didáctica de las Ciencias en el siguiente sentido:

- Se ha construido un instrumento con un extenso inventario de cuestiones a analizar sobre los conceptos de *volumen*, *masa* y *densidad* para ESO, ampliando y organizando los contenidos y mejorando la forma respecto a otros estudios existentes.
- Los resultados de la aplicación del instrumento anterior, han permitido actualizar y unificar el inventario de concepciones alternativas que se disponía en la bibliografía.
- Se ha realizado un estudio que establece un paralelismo entre las concepciones y dificultades de los estudiantes y la forma en la que los textos tratan los contenidos sobre *volumen*, *masa* y *densidad*. Además, hemos constatado la evolución sufrida en algunos textos con el cambio de ley. De esta forma, hemos analizado el enfoque que los textos le dan a estos contenidos, buscando el origen de las concepciones alternativas de los estudiantes.

- Se ha diseñado una propuesta de enseñanza, tras la actualización y contrastación de las concepciones alternativas de los estudiantes, y el análisis de los textos (etapas I y II). En estas primeras etapas se han extraído conclusiones y prescripciones específicas en torno a las actividades a planificar en la propuesta.
- Se ha implementado la propuesta de enseñanza y probado su eficacia, analizando qué ha funcionado y qué debemos mejorar para estudios futuros.
- Se ha analizado la evolución de ciertos contenidos procedimentales y actitudinales, de los grupos de trabajo, a lo largo de las sesiones de la propuesta; a través del desarrollo de instrumentos específicos.

Por todo lo anterior, consideramos que el diseño y la experimentación de una propuesta que abarca amplios aspectos de las propiedades elementales de la materia (*volumen, masa y densidad*), a través de una actualización y ampliación de las concepciones alternativas de los estudiantes y su relación con los contenidos presentes en los textos, constituye una aportación a la enseñanza de las ciencias de estas materias. Asimismo, la comparativa entre los textos de las dos leyes, LOE y LOMCE, proporciona también una visión renovada del impacto que los cambios en la legislación produce en los libros.

10.6. Perspectivas de investigaciones futuras

Toda investigación de cierta envergadura tiene siempre un elevado grado de creatividad (Cobos, 2007) que dará lugar, inevitablemente, al planteamiento de nuevas líneas de investigación. Para el caso de esta tesis, describimos a continuación las nuevas vías de investigación a las que podría dar lugar este trabajo.

- En relación al análisis de los libros de texto llevado a cabo en la Etapa II, sería interesante ampliar el estudio a una muestra mayor de textos LOMCE, cuando estos estén disponibles, con el objetivo de poder aportar mayor fiabilidad a la comparación llevada a cabo en nuestro estudio.
- Hay concepciones, como la conservación de la *masa* en los cambios de estado, que se resisten al cambio y han de ser trabajadas en multitud de

contextos y ejemplos hasta poder estar seguros de que han evolucionado favorablemente.

- En este trabajo nos hemos centrado en un estudio descriptivo del fenómeno de la *flotación* (¿por qué flota?), como señalaba Couso (2014). Lo justificamos porque, tanto en la LOE como en la LOMCE, en estas edades “el concepto de fuerza se introduce empíricamente, a través de la observación, y el movimiento se deduce por su relación con la presencia o ausencia de fuerzas” (MECD, 2015a, p. 257). Para lograr una interpretación del mismo (¿por qué flota si su *densidad* es menor?), deberíamos acudir a la explicación del equilibrio de las fuerzas *peso* y *empuje* (Havu-Nuutinen, 2005; Mazzitelli et al., 2006). Una línea de investigación podría ir dirigida a tratar estas fuerzas responsables del fenómeno de la *flotación* y averiguar si, los resultados obtenidos, son mejores, que los que se producen limitándonos al estudio de la *densidad*.

- Teniendo en cuenta las dificultades que presentan los estudiantes en los fenómenos en los que intervienen gases, convendría aumentar la ejemplificación de estos. El estudio del comportamiento de las burbujas de gases en líquidos, de la elevación de globos aerostáticos, de la función de las rejillas de seguridad para gases o la ubicación ideal de un aire-acondicionado en función frío y la de una estufa, constituirían ejemplos de lo que comentamos.

- Una peculiaridad que presenta este trabajo es la presentación de las hojas de trabajo de los estudiantes en lengua inglesa. Esta característica quedó justificada por ser la Física y Química de tercer curso, en el centro donde tuvo lugar el desarrollo de la propuesta, una materia perteneciente a la modalidad bilingüe. Aun siendo esta peculiaridad de la que hablamos una novedad para nuestro trabajo, su influencia no ha sido estudiada en este proyecto y creemos podría ser un tema de estudio para investigaciones posteriores.

- Por último, creemos trascendente mejorar en los estudiantes las destrezas relativas a la medida de magnitudes mediante la utilización de instrumental de laboratorio. Consideramos que una mayor experimentación, como por ejemplo en la medida de volúmenes y masas con este material, sería necesaria para evitar errores en el proceso de medida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahams, I. y Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- 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.
- Almuntasheri, S., Gillies, R. M. y Wright, T. (2016). The effectiveness of a guided inquiry-based, teachers' professional development programme on Saudi students' understanding of density. *Science Education International*, 27(1), 16-39.
- Álvarez Pérez, V.M. y Bernal Gómez, M.A. (2000). Explicaciones cotidianas y científicas sobre flotar y hundirse. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 25, 55-66.
- Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural. (2012). *El desarrollo de las competencias clave en el contexto escolar en Europa. Desafíos y oportunidades para la política en la materia*. Bruselas.
- 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 en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Azcárate Goded, P. y Serradó Bayés, A. (2006). Tendencias didácticas en los libros de texto de matemáticas para la ESO. *Revista de Educación*, 340, 341-378.
- Baker, W. P. y Woodward, S. (2001) How are volume and mass related? *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 38(1), 34-36.
- Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: from dewey to standars. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Revista Educación Química*, 15(3), 60-67.
- Binns, I. C. y Bell, R. L. (2015). Representation of scientific methodology in secondary science textbooks. *Science and Education*, 24, 913-936.
- Bisquerra Alzina, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid, España: La Muralla.

- Blanco Blanco, A. (2007). *Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias*. Barcelona, España: Octaedro.
- Blanco López, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86.
- 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*, 17, 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.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula?: los trabajos prácticos investigativos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 83-91.
- Cachapuz, A. F., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, M., y Vasconcelos, N. (1989). O trabalho experimental nas aulas de física e química: uma perspectiva nacional. *Gazeta de Física*, 12(2), 65-69.
- Caldeira, M. H. (2005). Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser? *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 167-184.
- Cameron, J. (productor y director). (1991). *Terminator 2: el juicio final* [Cinta cinematográfica]. Estados Unidos: Carolco Pictures, Pacific Western, Lightstom Entertainment, Canal +, T2 Productions.
- Campanario, J. M. (2003). De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 161-172.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Candela, A. (2006). Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: Un estudio etnográfico en aulas de la escuela primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 797-820.

- Cañal, P. y Criado, A. (2002). ¿Incide la investigación en didáctica de las ciencias en el contenido de los libros de texto escolares? El caso de la nutrición de las plantas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 34, 56-65.
- Cañal, P. y Porlán, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 89-96.
- Carney, R.N. y Levin, J.R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5-26.
- Carrascosa Alís, J. (1995). Trabajos prácticos de Física y Química como problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 67-76.
- Carrascosa Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388-402.
- Carrascosa Alís, J. (2006). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 77-88.
- 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 Manzano, 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.
- Cobos Sanchíz, D. (2007). Reflexiones sobre la investigación educativa. *Escuela Abierta*, 10, 213-221.
- Coe, R. y Merino Soto, C. (2003). Magnitud del efecto: una guía para investigadores y usuarios. *Revista de Psicología de la PUCP*, XXI(1), 145-177.
- Cohen, L., y Manion, L. (1989). *Métodos de investigación educativa*. Madrid, España: La Muralla.
- Colás Bravo, M.P., Buendía Eisman, L. y Hernández Pina, F. (2009). *Competencias científicas para la realización de una tesis doctoral*. Barcelona, España: Davinci.
- 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.

- Confederación de Sociedades Científicas de España. (2011). *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. Análisis, reflexiones y propuestas para un acercamiento de la ciencia al mundo escolar que promueva en los niños el interés por la ciencia, el aprendizaje científico y una visión no estereotipada de la empresa científica y sus protagonistas*. Madrid: COSCE.
- Cook, T.D. y Reichardt, Ch.S. (2005). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación educativa*. Madrid, España: Morata.
- Corona Cruz, A., Slisko, J. y Meléndez Balbuena, J.G. (2007). Haciendo ciencia en el aula: Los efectos en la habilidad de falsear diferentes hipótesis sobre la flotación y en las respuestas a la pregunta “¿por qué flotan las cosas?”. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 44-50.
- Cortés Calderón, J. C. (15 de noviembre de 2013). Ciencia Animada. Recuperado de http://www.cienciaanimada.com/Sitio_web/El_principio.html
- 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.
- Couso, D. (2014). *De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica*. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Huelva, España.
- Criado García-Legaz, A. 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, España.
- Criado, A. M. y García-Carmona. (2010). Prospective teachers' difficulties in interpreting elementary phenomena of electrostatic interactions: indicators of the status of their intuitive ideas. *International Journal of Science Education*, 32(6), 769-805.
- Cruz, J.E. (26 de agosto de 2014). Rincón de la Ciencia. Recuperado de <http://jecbciencias.jimdo.com/contenidos-ayudas/la-materia-y-sus-estados>
- Cruz-Guzmán Alcalá, M. (2011). Diseño práctico de una Unidad Didáctica en el área de las Ciencias Experimentales enmarcado en un proceso de enseñanza-aprendizaje activo y constructivista. *Campo Abierto*, 30(2), 141-163.
- Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E. y Butler, S. (2008). Teaching density to middle school students: preservice science teachers' content knowledge and pedagogical practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 82(1), 21-26.

- Dawson, C. J. (1981). Volume and density: How much do students really understand? Some effects of an ASEP unit at year 9 level. *Australian Science Teachers Journal*, 27(3), 75–82.
- Del Carmen, L. M. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 66, 48-55.
- 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.
- Dole, S., Hilton, G., Hilton, A. y Goos, M. (2013). *Considering density through a numeracy lens: implications for science teaching*. The International Perspectives in Science Education Conference, Florence, Italy.
- Doménech, A. (1992). El concepto de masa en la física clásica: aspectos históricos y didácticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 223-228.
- Educarchile. (2016). (10 de abril de 2016). Hidrostática. Recuperado de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=133170>
- Emerick, B. B. (1983). *An analysis of the science education problem of teaching density as approached from two different piagetian research perspectives: operationalism and constructivist* (tesis doctoral). University of Illinois, Illinois, United States.
- Escobar Pérez, J. y Cuervo Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36.
- Etxabe Urbieto, J.M. Aranguren Garayalde, K. y Losada Iglesias, D. (2011). Diseño de rúbricas en la formación inicial de maestros/as. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 4(3), 156-169.
- Fernández March, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la formación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11-34.
- Fernández Uría, E. (1988). Acerca de los conceptos de la hidrostática. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 95-96.

- Ferreiro, G. y Ocelli, M. (2008). Análisis del abordaje de la respiración celular en textos escolares para el Ciclo Básico Unificado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 387-398.
- Franco, A. J. (2009). Masa, volumen y densidad a través de la revista de física y química, un recurso didáctico lingüístico aplicado a la enseñanza de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 61, 75-86.
- Franco-Mariscal, A. J., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2017). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 38–53.
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M. y Almoraima Gil, M. L. (2014). Students' perceptions about the use of educational games as a tool for teaching the periodic table of elements at the high school level. *Journal of Chemical Education*, 92, 278-285.
- Furió, C. y Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 319-334.
- 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.
- Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de Investigación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, 64-77.
- 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.
- García-Carmona, A. (2009). Aprendiendo hidrostática mediante actividades de investigación orientada: análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 272-286.
- García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2008). Enfoque CTS en el enfoque de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 107-124.
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdes, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M. y Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje

- de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.
- 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.
- Gómez García, J. A. e Insausti Tuñón, M. J. (2005). Un modelo para la enseñanza de las ciencias: análisis de datos y resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3).
- 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.
- González, N., Zerpa, M. L., Gutierrez, D. y Pirela, C. (2007). La investigación educativa en el hacer docente. *Laurus*, 13(23), 279-309.
- 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.
- Hashweh, M. Z. (2016). The complexity of teaching density in middle school. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 1–24.
- Havu-Nuutinen, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, 27(3), 259–279.
- Hawkes, S.J. (2004). The concept of density. *Journal of Chemical Education*, 81(1), 14-15.
- Heywood, D. y Parker, J. (2001). Describing the cognitive landscape in learning and teaching about forces. *International Journal of Science Education*, 23, 11, 1177-1199.
- 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.
- Hodson, D. (1992). Assesment of practical work: some considerations in Philosophy of Science. *Science & Education*, 1, 115-144.
- Hsin, C. T. y Wu, H. K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 656-666.

- Jackson, P. (productor y director). (2003). *El señor de los anillos: el retorno del rey* [Cinta cinematográfica]. Estados Unidos: WingNut Films, The Saul Zaentz Company.
- Jiménez, P., Álvarez, V. y Lago, J. (2005). La argumentación en los libros de texto de ciencias. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 35-58.
- 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.
- Jonsson, A. y Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 2, 130-144.
- Joung, Y. J. (2009). Children's typically-perceived-situations of floating and sinking. *International Journal of Science Education*, 31(1), 101-127.
- Kawasaki K., Herrenkohl, L. R. y Yeary S. A. (2004). Theory building and modeling in a sinking and floating unit: a case study of third and fourth grade students' developing epistemologies of science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1299-1324.
- Konstantinidou, K; Cerveró, J.M. y Castells, M. (2010). Argumentación y concepciones científicas de los estudiantes. Una interpretación y orientación didáctica desde una teoría retórico-argumentativa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 26-38.
- Lahera Claramonte, J. y Forteza Pujol, A. (2003). *Ciencias físicas en primaria y secundaria. Modelo y ejemplificaciones*. Madrid, España: CCS.
- Landau, L., Ricchi, G. y Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Didáctica de la Química*, 25(1), 21-29.
- 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.
- Limiñana Morcillo, R., Menargues Marcilla, A., Martínez-Torregrosa, J., Colomer Barberá, R., Osuna García, L. y Luján Feliu-Pascual, I. (2015). *Enseñanza problematizada de las propiedades de la materia para futuros maestros de Educación Primaria*. Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de Alicante. XIII Conference on research networks in university teaching.
- Linn, M. C. (2000) Designing the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8) 781-796.

- Maclin, D., Grosslight, L. y Davis, H. (1997). Teaching for Understanding: a study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317-393
- 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 del Pozo, R. y De-Juanas Oliva, A. (2013). La valoración de los maestros sobre la utilización didáctica de las ideas de los alumnos. *Revista Complutense de Educación*, 24(2), 267-285.
- Martín Gámez, C., Prieto Ruz, 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.
- Martínez Alonso, J. M. (2 de abril de 2016). Conoce cómo puedes medir tu capacidad pulmonar. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos94/conoce-como-puedes-medir-tu-capacidad-pulmonar/conoce-como-puedes-medir-tu-capacidad-pulmonar.shtml>
- Martins, I. P. y Brigas, M. A. (2005). Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 149-166.
- Martínez-Pons, J.A. (2012). La corona de Gerión y el Eureka de Arquímedes. *Análisis Químico*, 108(2), 119–125.
- Marusic, M. y Slisko, J. (2014). Students' experiences in learning physics: active learning methods and traditional teaching. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(4), 4510-1-12.
- 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. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 33-50.
- 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.

- Méndez Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18, 2, 215-235.
- Mertler, C. A. (2001). Designing scoring rubrics for your class-room. *Practical Assessment Research and Evaluation*, 7(25).
- Meza Cascante, L.G. (2002). Metodología de la investigación educativa: posibilidades de integración. *Revista Comunicación*, 12(1), 1-13.
- 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.
- Ministerio de Educación y Cultura. (2006). Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria. Publicado en el *Boletín Oficial del Estado* No. 5, 5 de enero de 2007. España.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2015a). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato. Publicado en el *Boletín Oficial del Estado* No. 3, 3 de enero de 2015. España.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2015b). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Publicado en el *Boletín Oficial del Estado* No. 25, 29 de enero de 2015. 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.
- Moya Segura, A., Chaves Sibaja, E. y Castillo Rodríguez, K. (2011). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Revista Ensayos Pedagógicos*, VI(1), 115-132.
- Murillo Torrecilla, F.J. (s.f.). Cuestionario y escala de actitudes. *Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Formación de Profesorado y Educación*, 1-15.
- Nie, N. H., Hull, H. y Bent, D. H. (2014). SPSS (Versión 23.0) [Software] Disponible en IBM: <http://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/>

- Nortes Checa, A. y Martínez Artero, R. (1994). Psicología piagetiana y educación matemática. *Revista. Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21, 59-70.
- 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.
- OCDE. (s.f.). *El programa PISA de la OCDE. Qué es y para qué sirve*. Paris: OCDE.
- OCDE. (2016). *PISA 2015. Resultados Clave*. Paris: OCDE.
- Oliva, J. M. y Acevedo, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 241-250.
- Osuna, L., Martínez-Torregrosa, J. y Menargues, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 295-317.
- Panadero, E., Alonso-Tapia, J. y Huertas, J.A. (2012). Rubrics and self-assessment scripts effects on self-regulation, learning and self-efficacy in secondary education. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 806-813.
- Pardo Santano, P. (2004). ¿Qué actividades proponen los libros de texto elaborados para enseñar Geología? *Pulso*, 27, 49-60.
- Pedrinaci Rodríguez, E., Caamaño Ros, A., Cañal de León, P. y Pro Bueno, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona, España: Grao.
- Perales Palacios, F.J. (2008). La imagen en la enseñanza de las ciencias: algunos resultados de investigación en la Universidad de Granada, España. *Revista de Formación Universitaria*, 1(4), 13-22.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- Perales Palacios, F.J. y Vílchez González, J.M. (2012). Libros de texto: ni contigo ni sin ti tienen mis males remedio. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 75-82.
- Pérez Buendía, C. (2013). *“Los cinco reinos”. Diseño de materiales utilizando las nuevas tecnologías y evaluación de aprendizaje* (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

- Pontes Pedrajas, A. y Poyato López, F. J. (2016). Análisis de las concepciones del profesorado de secundaria sobre la enseñanza de las ciencias durante el proceso de formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 705-724.
- Porlán Ariza, R. (1997). *Constructivismo y escuela: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla, España: Diada.
- Porlán Ariza, R. (2003). Principios para la formación del profesorado de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17, 1, 23-35.
- Pozo, J. A., Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 83-94.
- Pozuelos Estrada, F. J., Travé González, G. y Cañal de León, P. (2007). Acerca de cómo el profesorado de primaria concibe y experimenta los procesos de investigación escolar. *Revista de Educación*, 344, 403-423.
- Prieto, J. (8 de diciembre de 2002). El fuel del "Prestige" acabará emergiendo. *El País*. Recuperado de http://elpais.com/diario/2002/12/08/espana/1039302001_850215.html
- Prieto, T.; Blanco, A. y González, F. (2000). *La materia y los materiales*. Madrid, España: Síntesis.
- Pro Bueno, A. (1995). Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en Ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 6, 77-87.
- Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- Pro Bueno, A., Sánchez Blanco, G. y Valcárcel Pérez, M. V. (2008). Análisis de los libros de texto de física y química en el contexto de la reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 193-210.
- Quílez-Pardo, J. (2016). A linguagem da ciência como um obstáculo para a aprendizagem do conhecimento científico e algumas sugestões para superá-lo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 449-476.
- Raviolo, A., Moscato, M., y Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(2), 93-103.
- Rigo, D.Y. (2014). Aprender y enseñar a través de imágenes. *Desafío educativo. Arte y sociedad. Revista de Investigación*, 6.
- Sánchez Blanco, G., Pro Bueno, A. y Valcárcel Pérez, M. V. (1997). La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las

- disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 35-50.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel Pérez, M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Sanger, M. J., Humphreys, T. C. y LaPorte, M. M. (2009). Using soda cans to teach physical science students about density. *Journal of Chemical Education*, 86(2), 209-211.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy, España: Marfil.
- Sanmartí, N. (2009). La evaluación vista como un proceso de autoevaluación. En J. Gairín Sallán y P. Díez Arcos. *Nuevas funciones de la evaluación* (pp. 93-126). Madrid, España: Ministerio de Educación Cultura y Deporte, Subdirección General de Información y Publicaciones.
- Seah, L. H., Clarke, D. y Hart, C. (2015). Understanding middle school students' difficulties in explaining density differences from a language perspective. *International Journal of Science Education*, 37(14), 2386-2409.
- Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. Santa Fe, México: Cengage Learning.
- Shayer, M y Adey, P. (1986). *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid, España: Narcea.
- 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.
- Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L. y Davis, H. (1997). Teaching for understanding: a study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15, 317-393.
- Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
- Torres Salas, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, XIV(1), 131-142.
- Trejo, E., López, I., Santín, C. y Olivares, K. (15 de abril de 2016). Profesor Chiflado. Recuperado de <http://www.profesorchiflado.com/experimento-inflaglobo/>

- Üce, M. y Ates, I. (2016). Problem-based learning method: secondary education 10th grade chemistry course mixtures topic. *Journal of Education and Training Studies*, 4(12), 30-35.
- Universidad de Kansas. (2012). Rubistar (Versión 2000-2008) [Software] Recuperado de Altec: <http://rubistar.4teachers.org/index.php>
- Ural, E. (2016). The effect of guided-inquiry laboratory experiments on science education students' chemistry laboratory attitudes, anxiety and achievement. *Journal of Education and Training Studies*, 4(4), 217-227.
- Valentine, J. C. y Cooper, H. (2003). *Effect size substantive interpretation guidelines: Issues in the interpretation of effect sizes*. Washington, Unites States: What Works Clearinghouse.
- Vílchez González, J.M. (2005). *Física y dibujos animados. Una estrategia de alfabetización científica y audiovisual en la educación secundaria* (tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Woody, W.D., Daniel, D.B. y Baker, C.A. (2010). E-books or textbooks: students prefer textbooks. *Computers and Education*, 55, 945-958.
- Xu, L., y Clarke, D. (2012). Student difficulties in learning density: A distributed cognition perspective. *Research in Science Education*, 42, 769–789.
- Yeend, R. E., Loverude, M. E. y Gonzalez, B. L. (2001). *Student understanding of density: a cross-age investigation*. Physics Education Research Conference. Rochester, United States.
- Young, H.D. y Freedman, R.A. (2009). *Física universitaria volumen 1*. Naucalpan de Juarez, México: Pearson Educación.


ANEXOS

ANEXOS

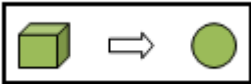

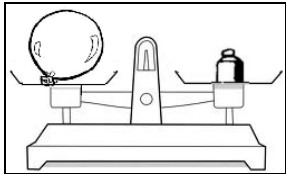
RELATIVOS A LA ETAPA I

Anexo I. Cuestionarios de concepciones alternativas

Cuestionario I: Conocimiento básico cotidiano

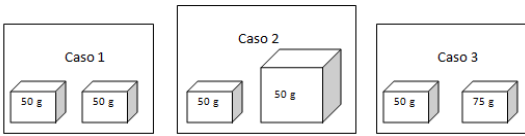
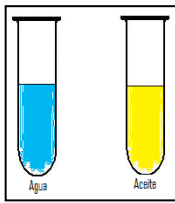
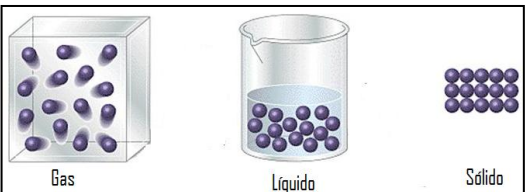













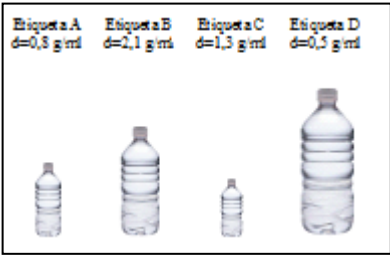
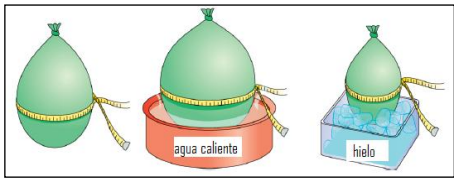
PREGUNTAS	OBJETIVOS									
<p style="text-align: center;">Masa y volumen de objetos</p> <p>1. De acuerdo con tu experiencia, indica qué <i>masa</i> y <i>volumen</i> aproximados tendrá cada uno de los siguientes objetos:</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Saber si los estudiantes conocen la <i>masa</i> y <i>volumen</i> aproximados de objetos que se encuentran de forma cotidiana. Se proponen tres objetos que representan cada uno de los estados de agregación (sólido, líquido y gas).</p>									
<p style="text-align: center;">Densidades de sustancias cotidianas</p> <p>2. Intenta unir cada sustancia con su <i>densidad</i>.</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Agua</td> <td style="width: 30%;">1,5 kg/m³</td> <td rowspan="4" style="width: 40%; vertical-align: top;">Comprobar si los estudiantes conocen, aproximadamente, la <i>densidad</i> de sustancias comunes.</td> </tr> <tr> <td>Mercurio</td> <td>13580 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Aceite</td> <td>920 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>1000 kg/m³</td> </tr> </table>	Agua	1,5 kg/m ³	Comprobar si los estudiantes conocen, aproximadamente, la <i>densidad</i> de sustancias comunes.	Mercurio	13580 kg/m ³	Aceite	920 kg/m ³	Aire	1000 kg/m ³	
Agua	1,5 kg/m ³	Comprobar si los estudiantes conocen, aproximadamente, la <i>densidad</i> de sustancias comunes.								
Mercurio	13580 kg/m ³									
Aceite	920 kg/m ³									
Aire	1000 kg/m ³									
<p style="text-align: center;">Unidades de densidad</p> <p>3. Indica en cuál(es) de los siguientes casos se expresa una unidad de medida correcta para la <i>densidad</i>:</p> <p>a) kg/m³.</p> <p>b) m³/kg.</p> <p>c) g/l.</p> <p>d) ml/cm³.</p>	<p>Comprobar qué unidades conocen los alumnos relacionadas con el concepto de <i>densidad</i>. Comprendiendo la expresión matemática, debe haber quedado suficientemente clara la forma de expresar las unidades de medidas de esta magnitud.</p>									
<p style="text-align: center;">Identificación de sustancias aplicando la ecuación de la densidad</p> <p>4. ¿Sabrías justificar, con los datos que proporciona la tabla, si los siguientes objetos están o no formado por la misma sustancia?</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Objeto</th> <th style="text-align: center;"><i>Masa</i> (g)</th> <th style="text-align: center;"><i>Volumen</i> (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">32</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </tbody> </table>	Objeto	<i>Masa</i> (g)	<i>Volumen</i> (ml)	1	16	2	2	32	4	<p>Saber si los estudiantes acuden a la ecuación de la <i>densidad</i>, (proporción <i>masa-volumen</i>), para lograr diferenciar sustancias.</p>
Objeto	<i>Masa</i> (g)	<i>Volumen</i> (ml)								
1	16	2								
2	32	4								

Cuestionario II: Conservación de masa, volumen y densidad

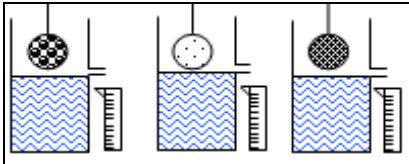
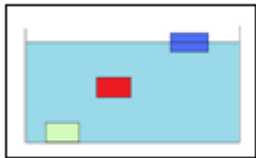
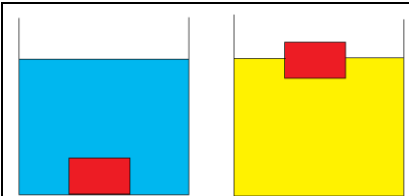
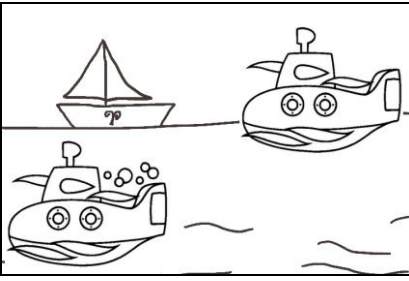
PREGUNTAS	OBJETIVOS
<p align="center">Cambios de forma</p> <p>1. Se moldea un trozo de plastilina que, inicialmente tenía forma de cubo, a una forma esférica. ¿Qué propiedades variarán y cuáles no de las siguientes?: <i>masa</i>, <i>volumen</i> y <i>densidad</i>.</p> 	<p>Indagar, para el caso de una misma sustancia, qué propiedad o propiedades de esta se conservan siempre, frente a un cambio de forma</p>
<p align="center">Cambios de estado S-L del agua</p> <p>2. Ponemos un cubito de hielo en el platillo de una balanza. ¿Qué ocurrirá con la <i>masa</i>, el <i>volumen</i> y la <i>densidad</i> del agua obtenida una vez derretido el cubito de hielo? Justifica la respuesta.</p> 	<p>Comprobar si entienden que cuando no sale ni entra materia de un sistema u objeto su <i>peso (masa)</i> debe ser el mismo, aunque haya un cambio de estado. En este caso de sólido a líquido.</p>
<p align="center">Cambios de estado S-L de sustancias distintas al agua</p> <p>3. Si el cubito de hielo de la pregunta anterior fuera de aceite en lugar de agua, ¿cambiarían las respuestas a dicha pregunta?</p>	<p>Conocer si el alumnado es consciente que las mismas propiedades pueden variar de forma distinta con la temperatura (en concreto el <i>volumen</i> y la <i>densidad</i>) dependiendo de la sustancia de la que se trate.</p>
<p align="center">Cambios de estado L-G</p> <p>4. Pesamos un recipiente cerrado con alcohol, dejamos evaporar y volvemos a pesar ¿qué ocurrirá con la <i>masa</i>?</p>	<p>Constatar que los estudiantes conocen que, en estos cambios de estado, la <i>masa</i> de la sustancia permanece constante.</p>
<p align="center">Masa de los gases</p> <p>5. Observa la situación planteada en el siguiente dibujo. ¿Qué ocurriría si colocáramos el mismo globo pero desinflado?</p> 	<p>Saber si los estudiantes reconocen que el aire también tiene las características propias del resto de sustancias (sobre todo <i>masa</i>), que es donde suelen presentar mayores dificultades.</p>

Adaptado de Lahera y Forteza (2003)

Cuestionario III: Relación entre densidad y grado de compactación de la materia.

PREGUNTAS	OBJETIVOS								
<p align="center">Compactación en sólidos</p> <p>1. Justifica, en cada caso, si los cubos están hechos del mismo material o son de materiales distintos:</p>  <p>Adaptado de Lahera y Forteza (2003)</p>	<p>Detectar la idea cualitativa de <i>densidad</i> (proporción <i>masa-volumen</i>), en los estudiantes como la relación de “lo concentrada que se encuentra la materia en una sustancia o un material”, en estado sólido.</p>								
<p align="center">Compactación en líquidos</p> <p>2. ¿Podrías decir, razonadamente, cuál de los tubos de ensayo contiene más <i>masa</i> de líquido?</p>  <p>Adaptado de Lahera y Forteza (2003)</p>	<p>Averiguar si el estudiante es capaz de darse cuenta de la necesidad de utilizar el concepto de <i>densidad</i>, (proporción <i>masa-volumen</i>), para diferenciar líquidos. Además podemos también detectar si confunden <i>viscosidad</i> con <i>densidad</i>.</p>								
<p align="center">Densidad y estado de agregación de una sustancia</p> <p>3. En las figuras se representan los tres estados de una sustancia. ¿Sabrías justificar en cuál de los tres casos es mayor la <i>densidad</i> de esta sustancia?</p> 	<p>Conocer la relación que establecen los estudiantes entre la <i>densidad</i> de una sustancia, la compactación de sus moléculas y los estados de agregación.</p>								
<p align="center">Relación <i>masa</i> (o <i>peso</i>)-densidad en sólidos</p> <p>4. Imagínate que tienes estas cuatro llaves de igual forma y tamaño pero fabricadas con materiales distintos. ¿Sabrías decir cuál es la menos pesada y por qué?</p> <table border="1" data-bbox="359 1187 1013 1344"> <thead> <tr> <th>Llave de cromo d= 7,19 g/ml</th> <th>Llave de hierro d= 7,87 g/ml</th> <th>Llave de titanio d= 4,51 g/ml</th> <th>Llave de cobre d= 8,4 g/ml</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Adaptado de Cortés (2013)</p>	Llave de cromo d= 7,19 g/ml	Llave de hierro d= 7,87 g/ml	Llave de titanio d= 4,51 g/ml	Llave de cobre d= 8,4 g/ml					<p>Averiguar si los alumnos tienen conocimiento de que, cuando los objetos tienen el mismo <i>volumen</i>, el más pesado es el que tiene más <i>densidad</i>.</p>
Llave de cromo d= 7,19 g/ml	Llave de hierro d= 7,87 g/ml	Llave de titanio d= 4,51 g/ml	Llave de cobre d= 8,4 g/ml						
									
<p align="center">Relación <i>masa</i>-densidad en líquidos</p> <p>5. Razona si sería posible la siguiente situación, sabiendo que el <i>volumen</i> de ambos recipientes es un litro:</p>  <p>Adaptado de Lahera y Forteza (2003)</p>									
<p align="center">Relación <i>volumen</i>-densidad en líquidos</p> <p>6. En el laboratorio nos hemos encontrado con cuatro botellas que tienen la misma <i>masa</i>, y diferente <i>volumen</i> pero las etiquetas no las tiene pegadas. ¿Podrías unir cada botella con su etiqueta?</p>  <p>Adaptado de Cortés (2013)</p>	<p>Conocer si el alumnado sabe que, a igual <i>masa</i>, las sustancias más densas son las que tienen menor <i>volumen</i>.</p>								
<p align="center">Temperatura y <i>volumen</i> en gases</p> <p>7. ¿Podrías justificar el cambio de tamaño que experimenta el globo?</p>  <p>Adaptado de “Física y Química. 3º ESO. Editorial Oxford”</p>	<p>Detectar en los alumnos la relación existente entre temperatura y <i>volumen</i> en gases.</p>								

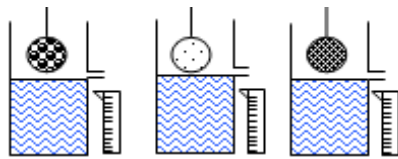

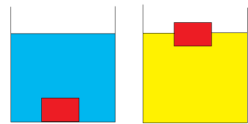
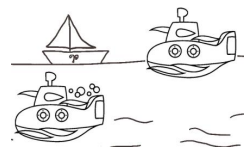
Cuestionario IV: Flotación y volumen desalojado por un sólido sumergido en un líquido

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

Anexo II. Ejemplo de formato de cuestionario de alumnos

DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA

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

PREGUNTAS	RESPUESTAS
<p>1. a) Considera tres esferas de igual forma y <i>volumen</i>, pero de materiales diferentes (plástico, aluminio y hierro) para que tengan distinto <i>peso</i>, si mides el agua desplazada por inmersión completa ¿en qué caso se desplazará más agua?</p> <p>b) ¿Cambiará el <i>volumen</i> de agua desplazada si una vez sumergido el objeto se baja a más profundidad?</p> 	
<p>2. ¿Qué diferencias habrá entre las propiedades de los tres objetos que se encuentran en este recipiente con agua?</p> 	
<p>3. ¿A qué se deberá la situación de la figura en la que se observa un mismo sólido en recipientes con líquidos distintos?</p> 	
<p>4. ¿Cómo justificarías la situación de cada submarino?</p> 	

Anexo III. Matrices de valoración para el análisis de las concepciones alternativas

RubiStar

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

Sistema de categorías: Cuestionario I

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

Nombre del estudiante: _____

CATEGORY	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Masa y volumen de objetos	No contesta o los órdenes de magnitud en todos los casos distan de ser reales.	El número de magnitudes correctas es igual o menor al de incorrectas.	El número de magnitudes correctas es mayor al de incorrectas.	Identifica los órdenes de magnitud de masa y volumen de cada objeto.
Densidades de sustancias cotidianas	No contesta o asigna al agua las densidades del aire o del mercurio.	Confunde la densidad del agua con la del aceite.	Conoce la densidad del agua pero comete algún error el resto de relaciones.	Relaciona todas las densidades con las sustancias de forma correcta.
Unidades de densidad	No contesta o el número de errores es igual o mayor al de aciertos.	Sólo identifica una de las dos unidades relacionadas con la densidad y comete un error.	Sólo identifica una de las dos unidades relacionadas con la densidad y no comete ningún error.	Identifica las dos unidades que expresan la densidad y no comete ningún error.
Identificación de sustancias aplicando la ecuación de la densidad	No contesta.	En el razonamiento no aparece la relación masa-volumen o densidad.	Indica que se trata de la misma sustancia pero no lo justifica.	Justifica de forma correcta que las sustancias son las mismas debido a su densidad, o porque se conserva la relación masa-volumen.

RubiStarRubiStar (<http://rubistar.4teachers.org>)**Sistema de categorías: Cuestionario II**Nombre del maestro/a: **Sr. Palacios Díaz**

Nombre del estudiante: _____

CATEGORY	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Cambios de forma	No contesta o indica que cambia alguna de las tres magnitudes.	Sólo indica que la densidad permanece constante pero no lo justifica.	Indica, sin razonar, que no varía ninguna de las tres magnitudes.	Indica, de forma razonada, que no varía ninguna de las tres magnitudes.
Cambios de estado S-L del agua	Afirma que la densidad permanece constante o que todas cambian sin especificar cómo.	Indica que la densidad disminuye y varía el volumen manteniéndose constante la masa.	Tiene claro que la densidad aumenta pero comete errores en la justificación o en la conservación de la masa y/o el volumen.	Justifica correctamente que la densidad aumenta, disminuyendo el volumen y manteniendo constante la masa.
Cambios de estado S-L de sustancias distintas al agua	Indica que no hay ninguna diferencia en la respuesta.	Indica que únicamente cambiaría la densidad o el volumen.	Justifica el cambio de respuesta por las diferencias entre las propiedades del agua y del aceite.	Justifica el cambio de respuesta por las diferencias entre las propiedades del agua y del aceite, e incluye el comportamiento anómalo del agua.
Cambios de estado L-G	No contesta o indica que la masa varía.	La justificación de la conservación de la masa es incorrecta.	La respuesta es correcta pero no lo justifica.	Justifica la conservación de masa debido a que parte del alcohol pasa al estado gas, pero no escapa del recipiente.
Masa de los gases	Justifica que el globo vacío pesa más que el lleno, por diversos motivos o que no varía la masa.	En la respuesta no aparecen los términos masa o peso para justificar el fenómeno.	Indica que el globo vacío pesaría menos, pero no lo justifica.	Justifica que la balanza no estará equilibrada pues el gas contenido en el globo tenía masa.

RubiStar

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

Sistema de categorías: Cuestionario III

Nombre del maestro/a: Sr. Palacios Diaz

Nombre del estudiante: _____

CATEGORY	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Compactación en sólidos	Afirma que están hechos todos del mismo material.	Indica que podría haber sustancias que tuvieran misma masa y peso, sin tener en cuenta el volumen.	La respuesta es correcta pero no la razona.	Justifica correctamente aludiendo al concepto de densidad o a la comparativa masa-volumen.
Compactación en líquidos	No Contesta.	Indica que el aceite por tener mayor densidad que el agua.	Afirma que podría decirlo si tuviera el dato de la densidad o indica simplemente que el agua sin razonar la respuesta.	Indica, razonadamente, que el agua por su mayor densidad.
Densidad y estado de agregación de una sustancia	Afirma que es el gas o el líquido.	Razona que no lo sabe porque necesita más información.	Indica que el sólido, pero no lo justifica o lo hace de forma incompleta.	Razona que en estado sólido, puesto que ocupa menos volumen y la masa es la misma.
Relación masa (o peso)-densidad en sólidos	No contesta o responde una llave distinta a la de titanio.	Indica que es la de titanio pero lo razona de forma incorrecta.	Responde que es la de titanio pero no lo justifica o lo hace de manera incompleta.	Justifica, correctamente, que es la llave de titanio debido a su mayor densidad.
Relación masa-densidad en líquidos	No contesta o indica que no es posible, puesto que en los dos casos es un litro.	Razona de forma incorrecta el fenómeno, aunque indica que sí es posible.	Afirma que es posible sin más o que uno tendrá más masa que otro.	Justifica la posibilidad en función de la densidad.
Relación volumen-densidad en líquidos	Une la etiqueta de menor densidad con la botella más pequeña y la de mayor densidad con la más grande.	Asigna las densidades más grandes a las botellas más pequeñas pero de forma incorrecta.	Une las etiquetas correctamente, pero no lo justifica.	Une las etiquetas de forma correcta, con la correspondiente justificación.
Temperatura y volumen en gases	No contesta o usa razonamientos inadecuados.	No pertinente.	Se dedica a describir el fenómeno sin justificación.	Razona que, al aumentar de temperatura, las partículas de gas se mueven con mayor rapidez y se separan, por lo que el gas del globo ocupará mayor volumen. Y, viceversa, al bajar su temperatura, las partículas se acercan y el gas del globo disminuye de volumen.



Sistema de categorías: Cuestionario IV

Nombre del maestro/a: Palacios Díaz

Nombre del estudiante: _____

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

RubiStarRubiStar (<http://rubistar.4teachers.org>)**Sistema de categorías: Cuestionario V**Nombre del maestro/a: **Sr. Palacios Díaz**

Nombre del estudiante: _____

CATEGORY	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Propiedades específicas de las sustancias (I)	No contesta	Analizarlas, sin explicar nada más.	Indican que podrían intentar disolver las sustancias en agua u otra sustancia y observar su comportamiento.	La respuesta está relacionada con el cálculo de la densidad o alguna de las propiedades específicas de las sustancias.
Propiedades específicas de las sustancias (II)	Indica que la densidad es una propiedad que es igual en distintas sustancias puras.	Comete error con el punto de fusión pero acierta con la densidad.	Acierta con todas las propiedades específicas pero comete errores con las generales	Todas las relaciones son correctas.
Independencia de la densidad con la masa	Atribuyen la diferencia de densidades a la diferencias de peso o masa.	Indican que tienen la misma pero la justificación es incorrecta.	Indican que tienen la misma pero sin justificar.	Indican que tienen la misma densidad por tratarse del mismo material o porque tienen la misma proporción masa-volumen.
Diferencia entre densidad y viscosidad	No contesta o indica que no hay ningún error.	Afirman que ni la densidad del aceite ni su viscosidad varían con la temperatura.	Solamente corrigen que la densidad del aceite no es alta.	Indican que la densidad del aceite es baja e independiente a la viscosidad.

RELATIVOS A LA ETAPA II

Anexo IV. Libros de texto analizados de segundo y tercero de ESO de Física y Química

Libro	Editorial	Año de edición	Unidad	Título de la unidad analizada	Apartado/Subapartado donde aparece el concepto densidad
A	Oxford	2010	2	La naturaleza corpuscular de la materia	1. ¿Qué es la materia?/ La densidad: una propiedad característica
Ba	Anaya	2010	2	La materia y sus estados de agregación	1. La materia y sus propiedades/1.4 Algunas propiedades específicas
Bb	Anaya	2016	1	La materia	1. Propiedades de la materia/ 1.2. Una propiedad específica: la densidad.
C	Edelvives	2010	2	Estados de agregación de la materia	1. La materia/1.1 Una propiedad característica de la materia. La densidad
Da	Bruño	2011	2	Los estados de la materia. La teoría cinética.	2. ¿Qué es la materia?/ Propiedades generales y características. La densidad.
Db	Bruño	2016	3	La materia y sus propiedades. Estados de la materia.	1. ¿Qué es la materia?/ 2. Una propiedad característica: la densidad
E	Everest	2011	2	La materia y sus estados	4. Densidad
F	Editex	2011	2	Estados de agregación de la materia	2. La densidad: propiedad característica de la materia
G	SM	2010	2	Los sistemas materiales	2. La densidad de los cuerpos
Ha	Grazalema Santillana	2010	1	La ciencia: la materia y su medida	2. La materia y sus propiedades y 6. Medidas directas e indirectas/6.4 Medida de la densidad
Hb	Grazalema Santillana	2016	1	La materia y la medida	2.1. Las propiedades de la materia y 6.1. Medida de la densidad
I	Guadiel	2007	1	La medida. El método científico	Ejercicios y problemas/El método científico: sus etapas
			5	La materia	1. Estados de agregación de la materia
J	Teide	2010	2	La materia	1. La materia: propiedades y estados/1.3 La densidad
Ka	Algaida	2011	2	Los estados de la materia	1. La materia y sus propiedades
Kb	Algaida	2016	2	La materia y sus propiedades	5. La densidad
La	Mc Graw Hill	2007	4	La materia: estados de agregación	1. La materia/A. La materia. Estados de agregación en que se presenta
Lb	Mc Graw Hill	2016	2	Propiedades de la materia	2. La densidad

Anexo V. Protocolo del análisis de los textos de Física y Química de tercero de ESO

Ítems analizados en relación al Cuestionario I

Ítems	F (N=12)
1. ¿Aparecen ejemplos sobre la <i>masa</i> y/o el <i>volumen</i> de objetos y materiales cotidianos? En caso afirmativo, ¿cuáles? Sí: No:	
2. ¿Aparece la definición de densidad de forma directa, como un cociente, sin introducción cualitativa previa? Si no es así, ¿cómo aparece? Sí: No:	
3. ¿Se ponen ejemplos de valores densidades de sustancias cotidianas? ¿Cuáles? Sí: No:	
4. ¿Se explican 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? Sí: No:	
5. ¿Se muestran ejemplos de cómo realizar cambios de unidades de densidad? Sí: No:	
6. ¿Aparecen ejemplos de cálculo de densidades de sustancias? Sí: No:	

Ítems analizados en relación al Cuestionario II

Ítems	F (N=12)
<p>7. ¿Se explicita las propiedades que permanecen constantes en los cambios de forma de las sustancias?</p> <p>Si:</p> <p>No:</p>	
<p>8. ¿Se justifica el cambio de densidad para los estados sólido, líquido y gas para una misma sustancia? En caso afirmativo, ¿de qué forma?</p> <p>Si:</p> <p>No:</p>	
<p>9. ¿Aparecen ejemplos o explicaciones en torno al hecho de que los gases también tienen alguna de las propiedades: <i>masa</i>, <i>volumen</i> y densidad? En caso afirmativo, ¿Cuáles de ellas?</p> <p>Si:</p> <p>No:</p>	

Ítems analizados en relación al Cuestionario III

Ítems	F (N=12)
<p>10. ¿Aparecen ejemplos gráficos de sólidos con distinta densidad? En caso afirmativo, ¿de qué forma? Si: No:</p>	
<p>11. ¿Aparecen ejemplos gráficos de líquidos con distinta densidad? En caso afirmativo, ¿de qué forma? Si: No:</p>	
<p>12. ¿Aparecen explicaciones sobre las propiedades de los gases que varían con la temperatura? En caso afirmativo, ¿cuáles y de qué forma? Si: No:</p>	

Ítems analizados en relación al Cuestionario IV

Ítems	F (N=12)
13. a) ¿Aparecen ejemplos de la dependencia del <i>volumen</i> desplazado por un sólido al sumergirlo en un líquido? ¿Cuáles?	
Sí:	
No:	
b) ¿Advierten de las concepciones alternativas asociadas?	
Sí:	
No:	
14. ¿Se ejemplifica la <i>flotación</i> de sólidos en líquidos? ¿Cómo?	
Sí:	
No:	
15. ¿Se explicita de alguna forma la posibilidad de <i>flotación</i> mediante la variación de la <i>densidad</i> media de un cuerpo? ¿Cómo?	
Sí:	
No:	

Ítems analizados en relación al Cuestionario V

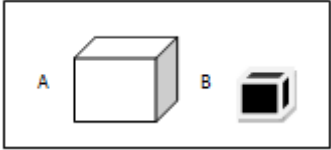
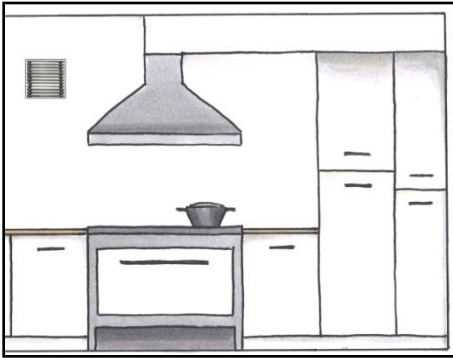
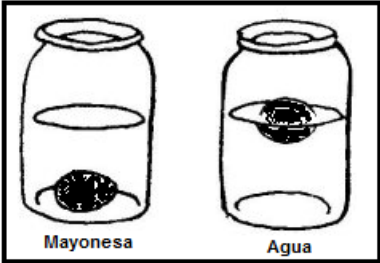
Ítems	F (N=12)
16. ¿Aparece la clasificación explícita entre propiedades específicas y generales de la materia? En caso negativo, ¿se hace referencia de alguna manera a ellas?	
Si:	
No:	
17. ¿Se ponen ejemplos de la independencia de la densidad de una misma sustancia con la cantidad de materia de esta? En caso afirmativo, ¿cuál?	
Si:	
No:	
18. ¿Se resalta la diferencia entre los conceptos de <i>densidad</i>, <i>viscosidad</i> y <i>concentración</i>? Se describirá en caso afirmativo.	
a) <i>Densidad vs viscosidad</i>	
Si:	
No:	
b) <i>Densidad vs concentración</i>	
Si:	
No:	

RELATIVOS A LA ETAPA III

Anexo VI. Cuestionario de evaluación de la propuesta

PREGUNTAS (ÍTEMS)	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
<p>1. Si mides un <i>volumen</i> de agua de 80 cm^3 y lo colocas en un recipiente, y dos compañeros tuyos añaden a ese mismo recipiente 8 ml, por un lado y, 4 cl por otro. ¿Cuál es el <i>volumen</i> total de agua que tendrás en el recipiente? ¿Por qué?</p>	
<p>2. Explica cómo medirías el <i>volumen</i> en los siguientes casos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Un cilindro de madera Un anillo El agua contenida en un vaso El aire contenido en un globo 	<p>1. ¿Conocen los conceptos de <i>volumen</i> y <i>masa</i>, sus unidades, así como su cálculo en ejemplos de la vida cotidiana?</p>
<p>3. Si en el frutero de tu casa tienes 0,25 kg de peras, 200 g de fresas y 1,5 hg de naranjas, ¿qué <i>masa</i> total de frutas tienes? Razónalo.</p>	
<p>4. Un huevo y un trozo de hierro se sumergen en dos recipientes A y B que contienen la misma cantidad de agua. El huevo tiene mayor <i>volumen</i> que el trozo de hierro pero su <i>masa</i> es menor. El nivel de agua antes y después de la inmersión se muestra en la figura. Indica cómo sabes dónde se introdujo el huevo y dónde el trozo de hierro. Razona tu respuesta</p>	<p>2. ¿Entienden la dependencia del <i>volumen desalojado</i> por un sólido inmerso totalmente en un líquido?</p>
<p>5. Al triturar una piedra, razona:</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Cambia su <i>masa</i>? ¿Cambia su <i>volumen</i>? 	
<p>6. Cuando un sistema material cambia de estado, justifica</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Se modifica su <i>masa</i>? ¿Y su <i>volumen</i>? <p>Pon algún ejemplo que ilustre tu explicación.</p>	<p>3. ¿Reconocer las condiciones de conservación de la <i>masa</i> y del <i>volumen</i>?</p>
<p>7. Observa el proceso de disolución de una pastilla efervescente que adjunta. ¿Crees que el conjunto vaso de agua + pastilla marcará lo mismo al depositarlo en una balanza en la situación inicial y en la final? ¿Por qué?</p>	

Anexo VI. Cuestionario de evaluación de la propuesta (continuación)

PREGUNTAS (ÍTEMS)	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN														
<p>8. Tenemos una bola de plastilina y una bola de acero, ambas de igual <i>volumen</i>. ¿Tienen la misma <i>masa</i>? ¿Por qué? Tenemos una bola de madera grande (del tamaño de una naranja) y una bola de acero más pequeña (del tamaño de una ciruela). ¿Podrían tener la misma <i>masa</i>? ¿Por qué?</p>	<p>4. ¿Comprenden la relación entre los conceptos <i>volumen</i>, <i>masa</i> y <i>densidad</i>?</p>														
<p>9. Se han medido masas y volúmenes de trozos pequeños de una sustancia y se han obtenido los siguientes datos:</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><i>Masa</i> (g)</td> <td style="padding-right: 10px;">9</td> <td style="padding-right: 10px;">14</td> <td style="padding-right: 10px;">22</td> <td style="padding-right: 10px;">29</td> <td style="padding-right: 10px;">41</td> <td style="padding-right: 10px;">48</td> </tr> <tr> <td><i>Volumen</i> (ml)</td> <td>3,1</td> <td>4,8</td> <td>7,6</td> <td>10</td> <td>14,1</td> <td>16,6</td> </tr> </table> <p>Divide cada <i>masa</i> con su <i>volumen</i> correspondiente e indica qué conclusión obtienes del resultado. Adaptado de Fernández (1985), citado en Bullejos y Sampedro (1990)</p>	<i>Masa</i> (g)	9	14	22	29	41	48	<i>Volumen</i> (ml)	3,1	4,8	7,6	10	14,1	16,6	<p>5. ¿Reconocen el concepto <i>densidad</i> y lo utilizan para la identificación de sustancias?</p>
<i>Masa</i> (g)	9	14	22	29	41	48									
<i>Volumen</i> (ml)	3,1	4,8	7,6	10	14,1	16,6									
<p>10. El objeto A es de mayor tamaño que el objeto B. Sin embargo, cuando se meten ambos objetos en agua se observa que el A flota y el B se hunde. ¿Podrías explicar este hecho?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Adaptado de Bullejos y Sampedro (1990)</p>	<p>6. ¿Utilizan la <i>densidad</i> para justificar el fenómeno de la <i>flotación</i>?</p>														
<p>11. Una <i>concentración</i> muy alta de gas butano puede causar la muerte de una persona por falta de oxígeno, además del riesgo de explosión. Si en casa tienes cocina de gas butano, razona si es correcto tener la rejilla de seguridad en la parte superior de la misma, pegada al techo. Dato: densidad del butano 2,59 g/l, densidad del aire 1,29 g/l</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>7. ¿Explican fenómenos relacionados con gases a través de la <i>densidad</i>?</p>														
<p>12. Cogemos una bola de caucho (densidad 950 kg/m³) y la metemos en un bote con mayonesa. Se observa que la bola se hunde. A continuación, al meter otra bola idéntica en agua flota. ¿Podrías explicar este hecho, sabiendo que la mayonesa es más viscosa que el agua? Nota: el caucho es el material con el que se hacen los neumáticos de los automóviles.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>8. ¿Diferencian los conceptos <i>densidad</i> y <i>viscosidad</i>?</p>														

Anexo VII. Registros de observación de procedimientos y actitudes

DIARIO DEL PROFESOR (Procedimientos)		Fecha				
Grupo	Procedimiento	Sesión:				Observaciones
		Nivel alcanzado				
		1	2	3	4	
1	1 Identificación del problema					
	2 Formulación de hipótesis					
	3 Medidas de magnitudes					
	4 Técnicas de laboratorio					
	5 Cálculos matemáticos					
	6 Establecimiento conclusiones					
2	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
3	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
4	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
5	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
6	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
7	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

DIARIO DEL PROFESOR (Actitudes)**Fecha:**

Grupo	Actitud	Sesión:			Observaciones
		Nivel alcanzado			
		1	2	3	
1	1 Valoración y contrastación información				
	2 Orden y limpieza				
	3 Colaboración				
2	1				
	2				
	3				
3	1				
	2				
	3				
4	1				
	2				
	3				
5	1				
	2				
	3				
6	1				
	2				
	3				
7	1				
	2				
	3				
8	1				
	2				
	3				

Anexo VIII. Cuestionario para la valoración de la propuesta por parte de los estudiantes

OPINIÓN SOBRE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Con el objetivo de conocer si el desarrollo de esta unidad te ha parecido atractivo e interesante, y poder mejorar su enseñanza, te pedimos que respondas a las cuestiones que se plantean en la siguiente tabla. Coloca una x según el grado de acuerdo que presentes con la afirmación que se indica, señalando 1 si no estás de acuerdo, 2 si eres indiferente y 3 si estás de acuerdo con la afirmación. Esta información será anónima y debe completarse de forma individual. Muchas gracias por la colaboración.

Indicador	Valoración		
	1	2	3
1. Lo aprendido en este proceso ha generado cambios en algunas ideas que tenía sobre propiedades de la materia. Ejemplo:			
2. En todo momento durante el desarrollo de la unidad he sabido lo que hacía y para qué lo hacía.			
3. Siempre he tenido oportunidad de compartir mis ideas sobre el tema y aclarar mis dudas. Ejemplo:			
4. Me ha gustado mucho este tema, porque ...			
5. Hemos tratado conceptos muy difíciles y no he entendido nada sobre ellos. Ejemplo:			
6. Esta forma de organización de la enseñanza provoca que me guste menos la asignatura. Ejemplo:			
7. He aprendido procedimientos de laboratorio que no conocía. Ejemplo:			
8. Como sugerencias para otra ocasión propongo:			

Anexo IX. Matriz de valoración para el análisis de las respuestas a los cuestionarios

P	Niveles			
	0	1	2	3
1	No contesta. Muestra el resultado incorrecto sin más.	Unifica las unidades pero comete errores de equivalencia entre ellas.	Unifica las unidades de forma correcta pero falla en la suma.	Unifica las unidades y realiza la suma razonando el procedimiento.
2	a No contesta o hace referencia a ideas que no tienen que ver con el <i>volumen</i> . b c d	Indica que debe medir el tamaño del objeto, pero no da ningún razonamiento ni motivo más.	Da una solución correcta para la medida del <i>volumen</i> pero no es la más adecuada.	Razona de forma correcta cuál debe ser la forma de calcular el <i>volumen</i> .
3	No contesta. Muestra el resultado incorrecto sin más.	Unifica las unidades pero comete errores de equivalencia entre ellas.	Unifica las unidades de forma correcta pero falla en la suma.	Unifica las unidades y realiza la suma razonando el procedimiento.
4	No contesta. Asigna los recipientes erróneamente en función de la diferencia de <i>masa</i> de los objetos.	La respuesta es correcta, pero el razonamiento es totalmente incorrecto o no aparece.	La respuesta es correcta, pero el razonamiento presenta errores debido a la mala interpretación de la pregunta (el huevo no se sumerge totalmente).	Asigna cada objeto al recipiente correcto, indicando que el <i>volumen</i> de líquido desplazado coincide con el <i>volumen</i> de cada objeto.
5	a No contesta o lo hace de forma incorrecta, sin añadir ningún tipo de razonamiento. b	Indica que cambio en la magnitud por el cambio en el tamaño de las partículas.	La respuesta es correcta, pero no aparece argumentación o esta no es adecuada.	Argumenta la conservación de la <i>masa</i> por no haberse producido entrada ni salida de materia entre la situación inicial y la final. Indica que si la <i>masa</i> es la misma y la sustancia no cambia, debido a que la densidad no varía el <i>volumen</i> tampoco lo hará.
6	a No contesta o son incorrectos la respuesta y el ejemplo planteado. b	La respuesta no es correcta pero el ejemplo es adecuado. Responde correctamente pero no son adecuados el razonamiento y/o el ejemplo o no aparecen.	La respuesta es correcta, pero no justifica o es inadecuada la explicación, sin embargo el ejemplo sí lo es. La respuesta es correcta justificada adecuadamente, pero no hay ejemplo o no es el apropiado.	Tras responder correctamente, razona y expone un ejemplo adecuado a lo que se pide.

Anexo IX. Matriz de valoración para el análisis de las respuestas a los cuestionarios (continuación)

P	Niveles			
	0	1	2	3
7	No contesta o la respuesta es incorrecta.	El razonamiento es correcto dentro de una mala interpretación del enunciado.	Aparece la respuesta correcta pero no la justifica o indica que la pastilla no pesa y por eso la <i>masa</i> es constante.	Argumenta que la <i>masa</i> es constante, puesto que no hay entrada ni salida de materia.
8	a No contesta o la respuesta es incorrecta.	La respuesta es correcta pero el razonamiento no es adecuado (ej.: se produce en función del <i>peso</i>) o no existe.	La respuesta es correcta, justificada en función de lo unidas que están las partículas.	Justifica que, a igual <i>volumen</i> , la <i>masa</i> no puede coincidir por la diferente densidad de los materiales.
	b		.	Razona que la <i>masa</i> podría coincidir, puesto que la densidad del acero es mayor que la de la madera.
9	No responde. Los cálculos son incorrectos o la respuesta es incoherente.	No identifica el resultado con la densidad de sustancias.	Identifica esos valores con sustancias de igual densidad, pero no concluye que sea la misma sustancia.	Deduce que se trata de una misma sustancia, puesto que los valores de densidad coinciden.
10	No contesta.	Lo justifica por el <i>peso</i> o <i>masa</i> de las sustancias, o que un material tiene la propiedad de flotar y el otro no.	Indica simplemente que se debe a la densidad.	Justifica la respuesta por la densidad, indicando que la <i>flotación</i> es independiente de la <i>masa</i> o el <i>volumen</i> , sino de su relación.
11	No contesta. Indica que es correcto tener la rejilla en la parte superior.	Aunque afirma que es correcto, hace mención a la <i>densidad</i> de los gases.	Argumenta que es incorrecta la medida pero no realiza una explicación razonada.	Argumenta la incorrección de la medida por la mayor <i>densidad</i> del butano.
12	No contesta. Justifica el fenómeno en función de las viscosidades o pesos, y no de la <i>densidad</i> .	Explica el caso de la mayonesa en función de la viscosidad y el del agua en función de la <i>densidad</i> . Alude a la <i>densidad</i> pero confunde cómo tiene que ser esta para que un cuerpo flote	Indica que es debido a la diferencia de <i>densidad</i> pero no hace alusión a la independencia de la viscosidad con la <i>flotación</i> .	Razona que la <i>flotación</i> no depende de la viscosidad, sino de la <i>densidad</i> de las sustancias.

Anexo X. Matriz de valoración para el análisis de las hojas de resultados

Contenidos procedimentales	Niveles			
	1	2	3	4
- Identificación del problema y planteamiento de cuestiones.	No leen el enunciado y acuden directamente a la ayuda del profesor. No procede.	Leen el enunciado de la actividad pero no identifican completamente el problema planteado.	Identifican de forma correcta el problema pero les surgen dudas de interpretación de ciertos aspectos.	Leen con detalle el enunciado e identifican de forma correcta el problema planteado.
- Formulación de predicciones e hipótesis (estimaciones).	No aparecen las estimaciones requeridas.	Aparecen las predicciones pero no son independientes unas de otras.	Aparecen estimaciones independientes pero no en todos los casos están razonadas.	Cada uno de los componentes realiza una estimación razonada e independiente sobre el fenómeno expuesto.
- Medidas de magnitudes y recogida de datos.	Son descuidados en la medición, sin asegurarse de que la magnitud sea correcta. No recogen ordenadamente los datos. No procede.	No realizan la medida con precaución ni comprueban su veracidad, aunque si toman nota de los datos.	Ejecutan la medida cuidadosamente, pero no se aseguran de su veracidad, aunque sí anotan todos los datos.	Realizan las medidas de forma minuciosa, comprobando si la medida es adecuada, anotando los datos en la hoja
- Utilización de técnicas básicas para el trabajo de laboratorio.	Los instrumentos utilizados para la medida no son los adecuados en su mayoría. No procede.	Algunos de los instrumentos utilizados para la medida no son los adecuados para la realización de la misma.	Escogen la instrumentación adecuada pero cometen ciertos errores en su manejo.	Eligen los instrumentos adecuados que requiere la medida y lo utilizan de forma correcta.

Anexo X. Matriz de valoración para el análisis de las hojas de resultados (continuación)

Contenidos procedimentales	Niveles			
	1	2	3	4
- Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos.	No aparece recogido ningún tipo de cálculo matemático. No procede.	Los cálculos presentan errores en su ejecución, aunque se encuentran recogidos.	Los cálculos no son fácilmente interpretables, aunque son correctos y sus unidades adecuadas.	Se muestran los cálculos de forma clara, correcta y con las unidades adecuadas.
- Establecimiento de conclusiones.	No aparecen recogidas las conclusiones que se requieren.	No aparecen todas las conclusiones que se piden, prescindiendo de algunas de ellas.	Aparecen las conclusiones que se piden, pero son muy escuetas en su desarrollo.	Se presentan las conclusiones tras contrastar los resultados con el resto de grupos y con las estimaciones iniciales.

Anexo XI. Matriz de valoración para el análisis de la observación en clase

Contenidos actitudinales	Niveles		
	1	2	3
- Valoración y contrastación de la información.	No interpretable.	Pasan directamente al proceso experimental sin revisar los requerimientos de la información.	Revisan la información proporcionada antes de enfrentarse al proceso experimental.
- Orden y limpieza en el trabajo.	No interpretable.	El material y/o el área de trabajo se encuentran carentes de limpieza.	Las áreas y el material de trabajo propias del grupo se encuentran limpias tras la sesión de trabajo.
- Colaboración con la dinámica de la clase.	No interpretable.	El grupo se mantiene al margen de la forma de trabajar en el laboratorio.	El grupo colabora con la forma de trabajo y con los debates que surgen al finalizar la sesión de trabajo.

Anexo XII. Propuesta de enseñanza: sesiones, actividades y hojas de trabajo de los estudiantes

Session 1

Activity: Audiovisual projection (A0.1)

Now, we are going to watch two fragments of films. Imagine you are science inspectors and you have to detect if there are any mistakes. The first one is a fragment of the final scene of "Terminator 2", which shows how the terminator sinks into the lava. In the second fragment, taken from the film "Lord of the Rings," you can see one of the two protagonists falling in the lava and sinking. After the projection, the teacher will give you five minutes to write your ideas about the inconsistencies you observed in each fragment.

Activity: What is volume? (A1.1)

This activity has three parts, in which you can start when the teacher says:

- Each student must write his/her own conclusion about their definition of volume in the group worksheet.
- Write the units of volume that you know, with the help of the textbook, if needed. If possible, write the unit of volume in the International System (SI).
- Look at the 3 soda cans. Order them in increasing volume.
Looking at these cans, can you create a relation for between the different units?



Activity: How can you measure regular solid volumes? (A2.1)

Estimate the volume of three objects on the table: a cylinder (a glass), a sphere and a rectangular prism, using the correct units.

With the equations of volume for each shape, given by the teacher, calculate the volumes, using a ruler. Use the correct units for volume in your calculations and then convert the units to SI units, and in ml.

Compare the estimated values with the calculated values.

Actividad: How do you measure volume in liquids? (A3.1)

The teacher has given you a glass of water. Do an estimate of the volume of water it contains and write down the result on the worksheet.

Then, measure the volume of water with the instruments given by the teacher (Erlenmeyer flask, graduated cylinder and beaker).

Compare the estimated values with the calculated values.

Which one of these three laboratory instruments is more exact? Justify your answer.

Session 2

Activity: How can you measure irregular solid volumes? (A1.2)

We have a small piece of iron and an egg.

You have to estimate which one of the two objects will displace a greater volume of liquid when they are immersed in water.

Then, you have to test it experimentally following the teacher's instructions.

Activity: What sphere will displace a greater volume of liquid? (A2.2)

First, write down which one of these two spheres you think will displace a greater volume of liquid when they are immersed in the water in a beaker.

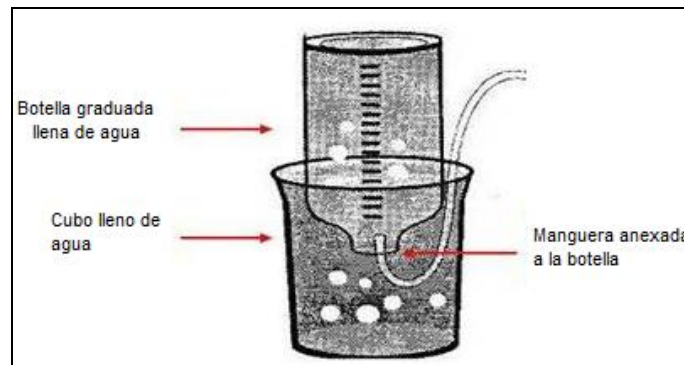


Second, we will test your hypothesis by immersing each of the two spheres in two identical beakers with the same amount of water.

Activity: How can you measure volumes of gases? (A3.2)

What do you think your "lung capacity" could be? Write it down on your sheet.

We are going to measure it experimentally, following the teacher's instructions about how to handle the set of instruments.



Adaptado de Martínez (2016)

Session 3

Activity: What is the mass? (A1.3)

- a. Write your definition of the concept of mass on your worksheet.
- b. What kind of units of mass do you know?

What's the unit of mass in the SI?

Activity: How can you measure the mass in solid objects? (A2.3)

What do you think the mass of the two substances given by the teacher will be?

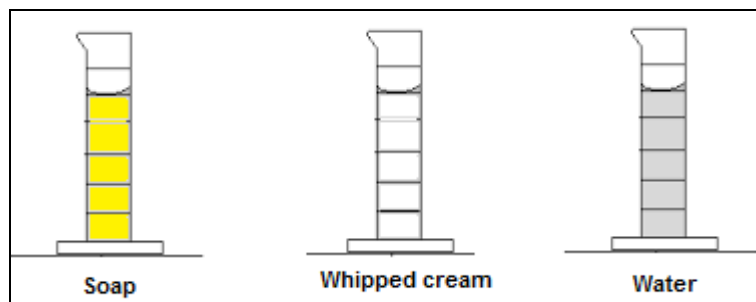


Calculate the mass of these two substances using the weighing scales.

Express your results in the SI.

Activity: How can you measure the mass of a liquid? (A3.3)

You have three graduated cylinders with 100 ml of three different substances.

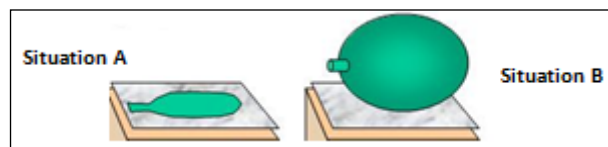


Order these graduated cylinders in increasing order of mass.

Then, you must calculate their mass using the weighing scales.

Activity: Does the air weight? (A4.3)

In which situation do you think the weight of the balloon will be heavier?



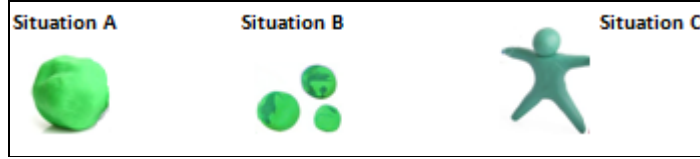
Next check your hypothesis.

Adaptado de Educarchile (2016)

Session 4

Activity: How does a change of shape affect the mass? (A1.4)

In this case the activity is to determine the mass of a piece of dough in three different situations:



In which situation do you think the mass of a piece of dough will be bigger?
Check your answers later.

Activity: How does a change of state affect the mass? (A2.4)

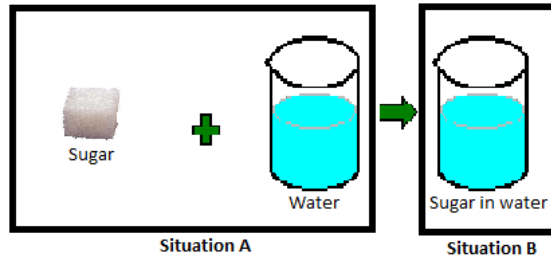
Justify your answer if you think the mass will change in these situations.



Check your statements using the weighing scales

Activity: How does a dilution process affect the mass? (A3.4)

Do you think the mass in these two situations is the same?



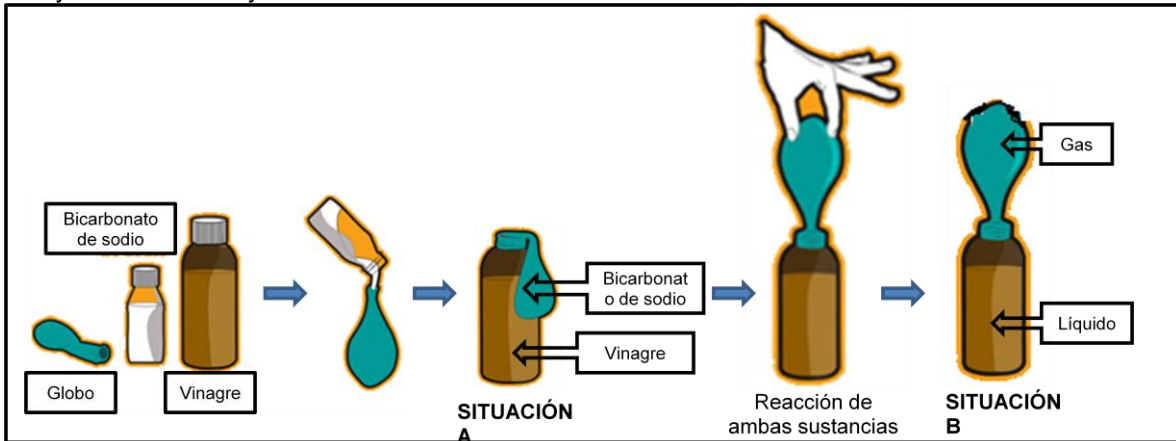
Next check your hypothesis.

Activity: Does mass change in chemical reactions? (A4.4)

In the picture below you can see the chemical reaction between vinegar and sodium bicarbonate. In this process, gas is produced.

Do you think the set in the situation A and in the situation B has the same weight?

Then you must check your answer.



Adaptado de Trejo, López, Santín y Olivares (2016)

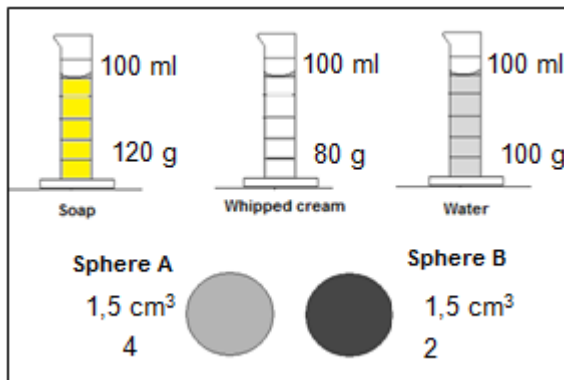
Session 5

Activity: What is density?**(A1.5)**

In this activity we have three parts:

a. What's your definition of density? You can write an example.

b. Do you remember these activities?



Now, do this operation for each graduated cylinder and each sphere:

$$\frac{\text{mass}}{\text{volume}}$$

c. Justify what magnitude could help you to identify each of these different substances:

- Mass (weight)
- Volume
- Density

Activity: How can you measure densities of equal volume objects?**(A2.5)**

First set the substances in Table 1 in increasing order of density in your opinion. Second, measure the mass of each of the volumes in Table 1. Finally, check your hypothesis by completing Table 2.

Table 1

Volumen (cm ³)	Masa (g) de cada sustancia			
	Agua	Arena	Aceite	Jabón líquido
1				
100				

Table 2

Volumen (cm ³)	Masa (g)/Volumen (cm ³) de cada sustancia			
	Agua	Arena	Aceite	Jabón líquido
1				
100				

Activity: How can you measure densities of equal mass objects?**(A3.5)**

In the same way as the previous activity, now measures the volume of each of the masses of the substances in Table 1 and complete both tables. Justify if the results obtained in the previous activity continue to be confirmed.

Table 1

Masa (g)	Volumen (cm ³) de cada sustancia			
	Agua	Arena	Aceite	Jabón líquido
1				
100				

Table 2

Masa (g)	Masa (g)/Volumen (cm ³) de cada sustancia			
	Agua	Arena	Aceite	Jabón líquido
1				
100				

Session 6

Activity: How does the density of a substance depend on its state? (A1.6)

First, look at the following table:

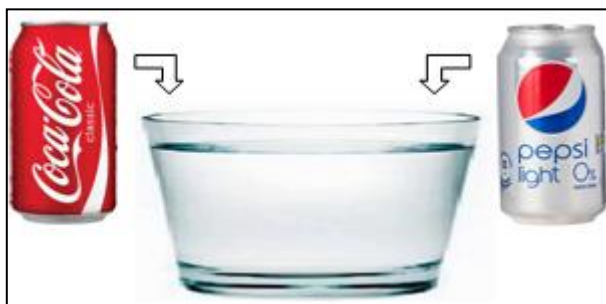
What do you think the relation between the density and the state of these substances could be? Write it down.

Sustancias	Densidades (kg/cm ³)		
	Sólido	Líquido	Gas
Agua (H ₂ O)	920	1000	0,60
Dióxido de carbono (CO ₂)	1562	1257	1,87
Oxígeno (O ₂)	1400	1141	1,35

Pay attention to the experiment made by the teacher and write your conclusions.

Activity: Can you explain the buoyancy of objects through density? (A2.6)

Do you think any of these cans could float in water?



Next, check your hypothesis.

Activity: Know substances and their densities (A3.6)

You must complete this table with substances you can find in your home:

Magnitudes	Substances				
	Milk	Juice	Vinegar	Olive oil	Butter
Mass (g)					
Volume (ml)					
Density (g/ml)					

Complete your worksheet.

Activity: How do we take safety precautions at home? (A4.6)

When you are at home, look around. Can you find any safety measures related to gas leaks?

Perhaps you could find some measures in your kitchen. Describe them on your worksheet.

Session 7

Activity: Are there any differences between density and viscosity? (A1.7)

Write the answers to these questions on your worksheet:

- a. What's viscosity? You can write an example of a viscous substance.
 - b. Do you think all viscous substances are dense substances? Justify the answer. Use the following newspaper clipping given by the teacher.
-

EL PAÍS

ARCHIVO

EDICIÓN
IMPRESA

DOMINGO, 8 de diciembre de 2002

CATÁSTROFE ECOLÓGICA EN GALICIA

El fuel del 'Prestige' acabará emergiendo

Expertos franceses temen, tras analizar el vertido, "una de las peores mareas negras de la historia"

JOAQUÍN PRIETO | Le Croisic | 8 DIC 2002

Archivado en: Mariano Rajoy Catástrofe Prestige Petroleros Declaraciones prensa Portugal Vertidos Francia Naufragios Mareas negras Política exterior Europa occidental Contaminación marítima Accidentes marítimos Barcos Galicia Transporte marítimo Gente Accidentes Europa Contaminación Problemas ambientales

La marea negra provocada por el petrolero *Prestige* puede que no haya hecho más que empezar. Científicos y expertos de organismos públicos franceses que han analizado el fuel vertido por el barco hundido frente a las costas de Galicia han llegado a conclusiones muy distintas a las que se han manejado hasta ahora. El fuel no se solidifica a la temperatura en que se encuentra en el fondo del mar, a 3.500 metros, sino que sigue fluyendo. En consecuencia, los expertos temen que las 50.000 toneladas que guarda el buque en sus tanques acabe emergiendo antes o después. El fuel llegó ayer a una decena de kilómetros de la costa francesa, tras contaminar decenas de playas del Cantábrico. La marea negra provocada por el petrolero *Prestige* puede que no haya hecho más que empezar. Científicos y expertos de organismos públicos franceses que han analizado el fuel vertido por el barco hundido frente a las costas de Galicia han llegado a conclusiones muy distintas a las que se han manejado hasta ahora. El fuel no se solidifica a la temperatura en que se encuentra en el fondo del mar, a 3.500 metros, sino que sigue fluyendo. En consecuencia, los expertos temen que las 50.000 toneladas que guarda el buque en sus tanques acabe emergiendo antes o después. El fuel llegó ayer a una decena de kilómetros de la costa francesa, tras contaminar decenas de playas del Cantábrico.

La marea negra provocada por el naufragio del *Prestige* puede ser "una de las peores de la historia", según la valoración de Michel Girin, director del Centro de Investigación de la Contaminación de las Aguas (Cedre), una institución francesa en la que se han analizado dos muestras del hidrocarburo transportado por el barco hundido.

En contra de lo que se ha barajado hasta ahora, el fuel no se solidifica a 2,5 grados -la temperatura a la que se encuentra el agua a 3.500 metros de profundidad- y es menos denso que el agua, por lo que tiende a emerger. Estos datos refuerzan el temor a una marea negra prolongada sobre las costas atlánticas de Europa, si no se encuentra el modo de contener la salida, paulatina o violenta, de las 50.000 toneladas de carga almacenadas en el vientre del *Prestige*.

Las dimensiones del problema sólo admitirían comparación con la catástrofe del *Exxon Valdez*, que en 1989 contaminó 800 kilómetros de costa en Alaska. El vertido del *Prestige* se extiende ya -aunque de forma muy irregular- por un litoral de unos 600 kilómetros y continúa saliendo fuel al océano. Nunca se han producido en el mundo contaminaciones por petróleo tan amplias como éstas, si se exceptúan las registradas durante la Guerra del Golfo.

La primera pregunta que se hacen los expertos es cuánto fuel ha vertido ya el petrolero hundido frente a Galicia. "No creo que las fugas señaladas por el *Nautile* aporten más que unas decenas de litros de fuel a diario, a la sumo unos centenares. Sólo es una piedra en el zapato", afirma Michel Girin, que, pese a todo, explica sus preocupaciones de científico experimentado en mareas negras. "Se nos ha informado de que los barcos anticontaminación han recogido 10.000 toneladas de fuel en el agua. Desde la semana pasada calculábamos que podían haber salido al mar unas 20.000, pero empezamos a temer que el petrolero haya vertido una cantidad mayor".

El vicepresidente del Gobierno español, Mariano Rajoy, admitió el viernes que hay dos grandes manchas en el lugar donde naufragó el *Prestige*, sin dar más detalles. El diario *Le Monde* atribuía ayer a "autoridades portuguesas y francesas" el dato de que en los últimos días de noviembre se descubrió una mancha de 42 kilómetros cuadrados en ese lugar.

8/2/2016

El fuel del 'Prestige' acabará emergiendo | Edición impresa | EL PAÍS

El diario añade que el Instituto Hidrográfico de Portugal informó el jueves de una nueva mancha, de 52 kilómetros cuadrados. Entre tanto, la Prefectura Marítima del Atlántico -con sede en el puerto francés de Brest- elevó ayer a 300 el número de manchas menores descubiertas en el Cantábrico, frente a las 200 de las que informaba hace tres días.

El temor de los expertos es que se haya vivido en Galicia sólo la primera parte de una larga historia. Los análisis del Cedre avalan esa hipótesis. El fuel transportado por el *Prestige* no se coagula ni siquiera a 2,5 grados, la temperatura a la que se supone que se encuentra el agua a 3.500 metros de profundidad. Este resultado de los análisis choca con lo que afirmó Saybolt, el laboratorio que examinó el fuel del *Prestige* por cuenta de la compañía que fletó la carga en Tallin (Estonia). Saybolt aseguraba que el fuel se endurecería al bajar a temperaturas de seis grados. Sin embargo, a 2,5 grados, el hidrocarburo "continúa fluido, y puede manar lentamente bajo el efecto de una presión", según los resultados del análisis del Cedre, cuya investigación puede consultarse en Internet.

Otro organismo francés, el Ifremer -propietario del batiscafo *Nautilé*- ha estudiado en laboratorio la tendencia a emerger del fuel, en función de la profundidad. La conclusión es rotunda: "El fuel presenta siempre una densidad más débil que el agua que lo rodea en el conjunto de la columna de agua". Por lo tanto, el hidrocarburo que se escapa del *Prestige* en forma de "hilillos", según la expresión de Mariano Rajoy, tenderá siempre a subir a la superficie.

Un tercer análisis francés es el del Museo Nacional de Historia Natural, según el cual la carga del *Prestige* se resiste a degradarse. Frente a una evaporación del 60% al 70% en el petróleo que transportaba el *Amoco Cadiz* -un naufragio registrado en marzo de 1978 y de triste recuerdo en las costas de Bretaña-, la evaporación del fuel del *Prestige* no pasa del 10% o el 15% de la masa. El fuel pesado, por otra parte, se mezcla con el agua del mar y forma una emulsión que duplica el volumen inicial.

De confirmarse estas previsiones, España no se enfrenta sólo a la dificultad de recoger unos miles de toneladas de fuel y limpiar el litoral de los vertidos que ya lo han ensuciado, sino a la gestión de un problema de dimensiones mucho mayores. Nadie sabe si los tanques del petrolero resistirán la presión o se romperán. Lo que se ha constatado, de momento, es que hay grietas y aberturas por las que se fuga un poco de fuel, como han mostrado las imágenes del batiscafo *Nautilé*.

¿Qué se puede hacer para contener la enorme masa de fuel depositada en el fondo del océano? Michel Girin, el director del Cedre, admite que se puede jugar con varias hipótesis. Pero las dificultades que plantea cualquiera de ellas desafían la imaginación.

Teóricamente, puede intentarse recubrir el barco hundido en una especie de sarcófago de hormigón. Otra posibilidad es intentar el bombeo submarino del fuel que permanece en los tanques del *Prestige*, como se hizo en 1999 con el *Erika*. El problema es que en este último caso el petrolero estaba a 120 metros de profundidad, lo que facilitó la operación.

Según los expertos del sector, nunca se ha intentado nada parecido a una profundidad de 3.500 metros. Hay empresas que disponen de tecnología para la extracción de petróleo a más de 1.000 metros de profundidad en el Golfo de Guinea, pero nunca se ha intentado en los fondos abisales sobre los que descansa el *Prestige* en la fosa atlántica.

© EDICIONES EL PAÍS S.L.

Anexo XIII. Hojas de resultados de estudiantes

HOJA DE TRABAJO SESIÓN:

Número del grupo:

Nombres componentes:

Actividad:

Código:

Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):

Componente 1:

Componente 2:

Componente 3:

Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones):

Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):

Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción):

Componente 1:

Componente 2:

Componente 3:

Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):

Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):

¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común?

En caso negativo explicad brevemente la diferencia

Anexo XIV. Ejemplos de hojas de resultados de estudiantes

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 1

Número del grupo: 1
Nombres componentes:
Actividad: Audiovisual projection CÓDIGO: 1A01
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación): Componente 1: Golum se hunde en la lava con facilidad, mientras que el anillo único, a pesar de ser de oro, flota. Las cadenas no se funden sino que parecen estar en agua porque no lo ve. Componente 2: , en el señor de los anillos, el anillo no se hunde y Golum sí. En terminator: las cadenas no se funden. Componente 3: Se hunde Golum sin problemas, pero el anillo flota. En terminator, terminator se hunde y se hunde pese a ser de metal como las cadenas que los sujetan. Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones): El grupo ha llegado a un acuerdo
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción): Componente 1: Componente 2: Componente 3:
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial): ¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común? Algunos si coinciden y otros no, por ejemplo un grupo ha dicho que los movimientos no se podrían realizar, otros que Golum debería caer más rápido. En caso negativo explicad brevemente la diferencia por la gravedad...

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 2

Número del grupo: 3	
Nombres componentes:	
Actividad: What sphere will displace a greatest volume of liquid? (CÓDIGO: A2.2)	
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):	
Componente 1:	No se desplaza el agua, porque el volumen es el mismo, ya que el peso no influye.
Componente 2:	Se van a quedar igual porque tienen el mismo volumen.
Componente 3:	Si se desplaza el agua, porque uno pesa más que el otro.
Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones):	
Hemos decidido que no se desplaza el agua; por la razón que ha dicho Sera.	
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):	
Ambas esferas se desplazan lo mismo de agua.	
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción):	
Componente 1:	Medir el agua.
Componente 2:	Anotar las medidas.
Componente 3:	Nada.
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):	
No hemos tenido.	
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):	
<p>Estamos de acuerdo todo en que desplace la misma agua menos 1 grupo.</p> <p>¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común?</p> <p>Si coincide con la hipótesis (el agua se desplace lo mismo)</p> <p>En caso negativo explicad brevemente la diferencia</p> <p>El grupo 2 dice que desplace más.</p>	

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 3

Número del grupo: 6	
Nombres componentes:	
Actividad: Does the air weight?	CODIGO: (A4.3)
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):	
Componente 1:	El aire pesa aunque en muy poca medida. Pesará más en la situación B, porque a parte del peso del plástico del globo, pesará el aire de dentro.
Componente 2:	El aire pesa aunque poca cantidad. Pesará más en la situación A, porque el globo está vacío y tiene todo lo como el globo inflado.
Componente 3:	te. Pesa pero muy poco. Pesará más la A porque está desinflado.
Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones):	
Pensemos María piensa que pesa más el B. Pero Rocío y Caliste piensan que el A. Aunque todas pensemos que el aire pesa. Hemos llegado a la conclusión de que el B pesa más.	
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):	
1,78 g pesa el globo hinchado 1,70 g el deshinchado. Y ambos han sido medidos poniéndolos sobre el peso.	
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción):	
Componente 1:	Anotar los resultados y el procedimiento.
Componente 2:	Ayudado en el procedimiento.
Componente 3:	A pesaba los dos globos.
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):	
Ninguna	
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):	
María ha acertado con el resultado.	
¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común?	
Todos coinciden.	
En caso negativo explicad brevemente la diferencia	

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 4

Número del grupo: 8
Nombres componentes:
Actividad: How does a dilution process affect the mass? ... CODIGO: (A.2.4)
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación): Componente 1: Pienso que la masa va a ser la misma Componente 2: El azúcar tiene más masa en la situación A porque en la B está disuelta. Componente 3: La situación A por que en la B el azúcar ya está disuelta.
Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones): Los componentes del grupo hemos llegado al acuerdo de que en la situación A tiene más masa porque en la B está está disuelta.
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan): Agua $\rightarrow 105'78g - 45'60g = 60'18g$ Azúcar $\rightarrow 40'55g - 22'62g = 17'93g$ Agua + Azúcar $\rightarrow 107'90g - 45'60g = 62'3g$
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción): Componente 1: Escribir Componente 2: cálculos y pesar las cosas. Componente 3: cálculos y pesar las cosas.
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial): En la situación A En la situación B pesa más. ¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común? Sí. El grupo 2 piensa que en la situación A pesa más. Y el grupo 6 opina que la masa será la misma. En caso negativo explicad brevemente la diferencia

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 5

Número del grupo: 1	
Nombres componentes:	
Actividad: What is density? CÓDIGO: (A.1.5)	
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):	
Componente 1:	Densidad = $\frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$ / Si: $\frac{-g}{-ml}$ / $\frac{-kg}{-cm^3}$ Se define ρ como de cuántos están las moléculas en un objeto.
Componente 2:	Para conseguir la densidad hay que dividir la masa de un objeto por su volumen. $D = \frac{M}{V}$
Componente 3:	
Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones):	
Densidad = $\frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$.	
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):	
Sphere B: Densidad = $\frac{2g}{1.5cm^3} = 1.33 g/cm^3$	Water: Densidad = $\frac{100g}{100ml} = 1 g/ml$
Sphere A: Densidad = $\frac{4g}{1.5cm^3} = 2.66 g/cm^3$	Whipped cream: Densidad = $\frac{80g}{100ml} = 0.8 g/ml$
Soap: Densidad = $\frac{120g}{100ml} = 1.2 g/ml$	
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción):	
Componente 1:	ha hecho los cálculos.
Componente 2:	ha escrito los resultados.
Componente 3:	
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):	
Ninguna.	
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):	
Mass → kg	Unidad S.I: kg/m^3
Volume → ml/cm³	La Densidad: masa por unidad de volumen *
Density → kg/m³	Es densidad porque es específico en cada elemento
¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común?	Conclusión * Da una idea del grado de compactación de la materia
La 1ª coincide con el grupo?	
La 2ª con el grupo 3/7/9/8	
La 3ª con el 2/3/5/4	
En caso negativo explicad brevemente la diferencia	

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 6

Número del grupo: 2	
Nombres componentes:	
Actividad: How does density of a substance depend on its state? CONLBO (A.I.G)	
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):	
Componente 1:	Todas las sustancias cuando están en estado gaseoso tiene muy poca densidad, después los líquidos tienen menos densidad que en sólido, menos el agua que tiene más densidad* (abrip)
Componente 2:	Todas las sustancias cuando están en estado gaseoso tiene muy poca densidad, después los líquidos tienen menos densidad que en sólido, menos el agua que tiene más densidad en estado líquido que en sólido*
Componente 3:	depende de la sustancia y el estado en el que este, el cubo de agua flotará (por que al ser sólido) y el cubito de aceite se hundirá. El agua es la única sustancia que en estado*
Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones):	
Estimamos de acuerdo.	
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):	
* líquido tiene más densidad que en estado sólido. (kirian)	
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción):	
Componente 1:	
Componente 2:	
Componente 3:	
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):	
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):	
Todos los grupos coincidimos,	
¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común?	
Si	
En caso negativo explicad brevemente la diferencia	

en estado líquido que en sólido* El cubito de agua flotará porque en estado sólido tiene menos densidad que en estado líquido y el aceite se hundirá porque en estado sólido tiene más densidad que en líquido

HOJA DE TRABAJO SESIÓN: 7

Número del grupo: 5	
Nombres componentes:	
Actividad: Are there differences between density and viscosity? CÓDIGO (A.1.7)	
Estimación (hipótesis inicial: opinión de cada uno de los componentes del grupo antes de realizar la experimentación):	
Componente 1:	Una sustancia es viscosa cuando es pegajosa y espesa. El aceite es viscoso.
Componente 2:	Sustancia es viscosa cuando es pegajosa y no es completamente líquido.
Componente 3:	una sustancia viscosa es cuando es pegajosa. Una sustancia viscosa no tiene porque ser densa.
Acuerdo del grupo (después de que escribáis vuestra opinión individual, indicad si habéis llegado a un acuerdo único en el grupo o compartís varias opiniones):	
Estamos de acuerdo.	
Resolución de la actividad (cálculos o mediciones que procedan):	
Una sustancia viscosa no tiene porque ser densa ya que el aceite es más viscoso que el agua mientras que el agua es más densa.	
Parte o apartados de los que se responsabiliza cada componente (breve descripción):	
Componente 1:	
Componente 2:	
Componente 3:	
Dificultades (anotad todas aquellas que hayáis encontrado durante la experimentación):	
Ninguna.	
Conclusión final (resumen de los resultados obtenidos por el grupo, indicando si coincide con la hipótesis inicial):	
- No coinciden nuestra hipótesis con la verdadera definición: Resistencia a la fluidez.	
¿Coinciden con la conclusión tras la puesta en común?	
- Todos los grupos coinciden menos 1 que ha puesto algo distinto.	
En caso negativo explicad brevemente la diferencia	