



---

**Universidad de Valladolid**

Facultad de Educación y Trabajo Social - Facultad de Ciencias

**Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas**

Trabajo Fin de Máster

**Revisión bibliográfica y propuesta educativa sobre la aplicación del pensamiento visible a la didáctica del concepto de densidad en 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria.**

Mónica Vara Lubiano

Tutora: Susana Quirós Alpera

Valladolid, 2024



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>13</b>
1.1. Justificación . . . . .	14
1.1.1. Trabajando los Objetivos de Desarrollo Sostenible . . . . .	15
1.2. Objetivos del trabajo . . . . .	17
<b>2. Marco teórico y contextual</b>	<b>19</b>
2.1. Los desafíos de la escuela tradicional ante la sociedad del conocimiento . . . . .	19
2.2. Metodologías activas: el aprendizaje basado en proyectos . . . . .	21
2.3. El pensamiento visible . . . . .	22
2.3.1. Rutinas de pensamiento . . . . .	25
2.3.2. El pensamiento visible en la literatura . . . . .	28
2.4. La problemática del concepto densidad . . . . .	29
2.4.1. Crítica a los libros de texto . . . . .	31
2.4.2. Propuestas didácticas publicadas sobre el concepto de densidad . . . . .	32
2.5. Marco contextual: Adecuación al currículo de Educación Secundaria Obligatoria . . . . .	34
<b>3. Diseño de una propuesta educativa</b>	<b>39</b>
3.1. Conceptos físicos implicados . . . . .	40
3.1.1. La historia de Arquímedes y la corona . . . . .	41
3.1.2. Cálculo del volumen de poliedros regulares . . . . .	41
3.2. Primera sesión . . . . .	42
3.2.1. Duración y lugar . . . . .	42
3.2.2. Objetivos de la sesión . . . . .	43
3.2.3. Material . . . . .	43

3.2.4. Desarrollo . . . . .	43
3.3. Segunda sesión . . . . .	45
3.3.1. Duración y lugar . . . . .	45
3.3.2. Objetivos de la sesión . . . . .	46
3.3.3. Material . . . . .	46
3.3.4. Desarrollo . . . . .	46
3.4. Rúbricas de evaluación . . . . .	53
3.4.1. Primera sesión: informe de resultados . . . . .	53
3.4.2. Segunda sesión: El juego de la explicación . . . . .	53
3.4.3. Segunda sesión: Titular . . . . .	53
<b>4. Conclusiones</b>	<b>59</b>
<b>5. Impacto potencial, limitaciones y trabajos futuros</b>	<b>61</b>
<b>Lista de referencias</b>	<b>63</b>

# Índice de tablas

2.1. Modelos explicativos sobre densidad y su caracterización. . . . .	33
3.1. Rúbrica para la evaluación del informe de resultados de la primera sesión, parte 1.	54
3.2. Rúbrica para la evaluación del informe de resultados de la primera sesión, parte 2.	55
3.3. Rúbrica para la evaluación del informe de resultados de la primera sesión, parte 3.	56
3.4. Rúbrica para la evaluación de la actividad <i>El juego de la explicación</i> de la segunda sesión, parte 1. . . . .	57
3.5. Rúbrica para la evaluación de la actividad <i>El juego de la explicación</i> de la segunda sesión, parte 2. . . . .	58
3.6. Rúbrica para la evaluación de la actividad <i>El titular</i> . . . . .	58



# Índice de figuras

3.1. Set de dados metálicos con formas geométricas regulares. Fuente: elaboración propia. . . . .	44
3.2. Ejemplo del proceso seguido para obtener la masa y volumen de un objeto. . . . .	45
3.3. Ejemplo del comportamiento de un mismo objeto en diferentes fluidos. . . . .	48
3.4. Buceadores utilizando el principio de Arquímedes para sumergirse o emerger a la superficie. . . . .	50
3.5. Imagen esquemática del mecanismo de funcionamiento de un submarino. . . . .	50
3.6. Globo aerostático a punto de despegar. . . . .	51
3.7. Tres huevos dentro de tres recipientes con agua. . . . .	52
3.8. Hombre flotando horizontalmente sobre el Mar Muerto. . . . .	52





# Resumen

Este Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo principal explorar y valorar el enfoque del pensamiento visible en la educación secundaria, particularmente en la enseñanza del concepto de densidad y su relación con la flotabilidad de los cuerpos.

En primer lugar, se justifica la necesidad de actualizar los métodos tradicionales de enseñanza ante una sociedad que demanda la adquisición de habilidades para enfrentarse a un aprendizaje continuo. La educación moderna debe centrarse en enseñar a los estudiantes a aprender, es decir, en que adquieran la capacidad de analizar con ojo crítico y comprender la información que reciben, y esto sólo se puede conseguir enseñando a los estudiantes a pensar.

Para enfrentar los desafíos de la escuela tradicional frente a la sociedad del conocimiento, algunos autores han propuesto el uso de metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos. Aunque la implementación de estas metodologías en el aula ha mostrado muy buenos resultados frente a las mecánicas de la escuela tradicional, debe diseñarse con cautela e incluir el pensamiento y la reflexión individuales para que tenga sentido completo. En este punto, enfatizamos el concepto de *pensamiento visible*, desarrollado por los investigadores del Project Zero, y su aplicación en la enseñanza a través de rutinas de pensamiento que promueven la comprensión profunda de los conceptos.

Hacemos una revisión de los trabajos publicados sobre la problemática del concepto de densidad, tanto desde el punto de vista de los obstáculos, a nivel cognitivo, que encuentran los alumnos para poder comprenderlo, como de una crítica al abordaje que utilizan los libros de texto siguiendo un enfoque tradicional. Muchos autores reclaman nuevas estrategias didácticas que favorezcan una mejor comprensión de este concepto. En este contexto, se diseñó una propuesta educativa que aborda el concepto de densidad y su papel en la flotabilidad de los cuerpos, utilizando el enfoque del pensamiento visible y el aprendizaje basado en proyectos.

Finalmente, destacamos la importancia del pensamiento visible en la enseñanza de la densidad, sugiriendo su potencial para mejorar la comprensión y retención de los conceptos científicos en los estudiantes de educación secundaria. Se propone como trabajo futuro la implementación práctica de esta propuesta educativa para evaluar su eficacia comparada con otros métodos de enseñanza.

Este trabajo se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 4, que promueve una educación de calidad y el desarrollo de habilidades relevantes para el empleo y el emprendimiento.

### **Palabras clave**

Densidad; Didáctica; Educación secundaria; Pensamiento visible; Metodologías activas; Revisión bibliográfica.

# Abstract

The main objective of this Master's Thesis is to explore and evaluate the approach of visible thinking in secondary education, particularly in the teaching of the concept of density and its relation to the buoyancy of bodies.

It firstly justifies the need to update traditional teaching methods in the face of a society that demands the acquisition of skills to cope with continuous learning. Modern education must focus on teaching students to learn, that is, to acquire the ability to analyze critically and understand the information they receive, and this can only be achieved by teaching students to think.

To face the challenges of the traditional school in the face of the knowledge society, some authors have proposed the use of active methodologies, such as project-based learning. Although the implementation of these methodologies in the classroom has shown very good results against the mechanics of traditional schooling, it must be designed with caution and include individual thinking and reflection to make full sense. At this point, we emphasize the concept of *visible thinking*, developed by Project Zero researchers, and its application in teaching through thinking routines that promote deep understanding of concepts.

We review the works published on the problem of the concept of density, both from the point of view of the obstacles, at the cognitive level, that students encounter in order to understand it, as well as a critique of the approach used by textbooks following a traditional approach. Many authors call for new didactic strategies that favor a better understanding of this concept. In this context, we designed an educational proposal that addresses the concept of density and its role in the buoyancy of bodies, using the visible thinking approach and project-based learning.

Finally, we highlight the importance of visible thinking in the teaching of density, suggesting its potential to improve the understanding and retention of scientific concepts in secondary school students. We propose as future work the practical implementation of this educational proposal to

evaluate its effectiveness compared to other teaching methods.

This work aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs), specifically SDG 4, which promotes quality education and the development of relevant skills for employment and entrepreneurship.

## **Keywords**

Density; Didactics; Secondary education; Visible thinking; Active methodologies; Literature review.

# Capítulo 1

## Introducción

Los métodos y prácticas utilizados en la escuela tradicional han quedado obsoletos ante una nueva sociedad que se enfrenta al desafío y el privilegio del aprendizaje constante. La nueva educación ya no debe centrarse en los contenidos que se transmiten, sino en enseñar a los estudiantes a aprender, a enfrentar con ojo crítico una cantidad de información ingente que van a encontrar en múltiples contextos y plataformas. Para aprender a aprender, una de las competencias clave para el aprendizaje permanente, es necesario fomentar la comprensión, y ésta es el fin último del pensamiento. Por tanto, en las escuelas debemos enseñar a las personas a pensar.

Existen diferentes tipos de pensamiento, cada uno de los cuales tiene su propia utilidad y aplicación dependiendo del contexto y del problema a resolver. Los investigadores del Project Zero, a mediados del siglo XX, propusieron una serie de mecanismos o técnicas ideadas para desarrollar los distintos tipos de pensamiento, a las que llamaron *rutinas de pensamiento*, las cuales han ido evolucionando con el paso de los años. En este trabajo, destacaremos las rutinas que consideramos relevantes para que nuestros alumnos desarrollen los tipos de pensamiento que consideramos necesarios para llegar a comprender un concepto en particular: la densidad. Varios autores a lo largo de la historia han advertido sobre la problemática asociada a este concepto dentro del alumnado de educación secundaria. Repasaremos los diferentes tipos de problemas cognitivos asociados a este concepto, y cómo pueden intentarse evitarse o resolverse. Finalmente, planteamos una propuesta educativa para el tratamiento del concepto de densidad en el cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria, tratada desde el enfoque del pensamiento visible.

## 1.1. Justificación

El pensamiento visible es un enfoque pedagógico crucial en la enseñanza de las ciencias experimentales en cualquier etapa, pero especialmente en la educación secundaria, ya que mejora la comprensión de los contenidos científicos al promover la claridad conceptual y el compromiso de los alumnos con la materia. Las estrategias de pensamiento visible transforman a los alumnos en participantes activos que debaten, cuestionan y exploran ideas, fomentando el pensamiento crítico. Esta metodología anima a los estudiantes a formular preguntas, hipótesis y diseñar experimentos, habilidades fundamentales en la exploración científica. Además, al reflexionar sobre sus procesos de pensamiento, los alumnos desarrollan una mayor capacidad de análisis, evaluando procedimientos y evidencias, extrayendo conclusiones y considerando explicaciones alternativas; de esta manera, el pensamiento visible apoya los objetivos de la educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), una de las competencias clave de la actual ley educativa.

En el nivel de educación secundaria, los alumnos se encuentran en una etapa crucial del desarrollo cognitivo, caracterizado por una creciente capacidad de pensamiento abstracto y crítico, que puede beneficiarse enormemente del enfoque del pensamiento visible. En este sentido, el enfoque del pensamiento visible favorece la diversidad de los alumnos, adaptándose a los distintos estilos y ritmos de aprendizaje y proporcionando un andamiaje robusto a quienes podrían encontrar más dificultades con los métodos de enseñanza tradicionales. Este enfoque también garantiza la inclusión, ya que busca la participación de todos los alumnos y su contribución al proceso de aprendizaje, fomentando un entorno más equitativo en el aula.

En el marco del desarrollo de las habilidades para el aprendizaje permanente, la Unión Europea identificó la competencia de “aprender a aprender” como una de las ocho competencias clave necesarias para todos los individuos para su desarrollo personal, inclusión social, ciudadanía activa y empleabilidad en la sociedad del conocimiento. Esta competencia determina la capacidad de las personas de gestionar y regular su propio proceso de aprendizaje de manera eficaz y autónoma. Como veremos en este trabajo, el desarrollo de esta competencia puede beneficiarse enormemente de las estrategias planteadas por el enfoque del pensamiento visible.

Sin embargo, en la actualidad no se prepara a los educadores para incluir en su práctica docente las estrategias del pensamiento visible. Con este Trabajo Fin de Máster (TFM) se busca visibilizar y poner en valor el enfoque del pensamiento visible en la etapa de educación secundaria, centrándonos principalmente en la enseñanza del concepto de densidad y su implicación en la

flotabilidad de los cuerpos.

### 1.1.1. Trabajando los Objetivos de Desarrollo Sostenible

El desarrollo de la competencia de “aprender a aprender” está íntimamente relacionado con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados en la Agenda 2030:

#### ODS 4: Educación de Calidad

La meta 4.4 de los ODS plantea *“Aumentar el número de jóvenes y adultos que tienen habilidades relevantes, incluidas las técnicas y vocacionales, para el empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.”* En este sentido, enseñar a los individuos a aprender puede fomentar una mentalidad de crecimiento continuo y adaptación, habilidades esenciales para el desarrollo personal y profesional a lo largo de la vida. Esto es crucial para mantener la relevancia en un mercado laboral en constante cambio.

La meta 4.7 de los ODS busca *“Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para promover el desarrollo sostenible, incluidos, entre otros, a través de la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la apreciación de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible.”* La competencia de aprender a aprender implica una educación integral que no sólo se centra en adquirir los conocimientos técnicos, sino también en desarrollar habilidades blandas<sup>1</sup> y valores, fomentando una comprensión profunda y la capacidad de aplicar estos conocimientos y valores para promover el desarrollo sostenible.

#### ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

La meta 8.5 de los ODS pretende *“Lograr el empleo pleno y productivo y garantizar un trabajo decente para todas las mujeres y hombres, incluidos los jóvenes y las personas con discapacidad, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor.”* En el hilo de la meta anterior, el desarrollo de la competencia aprender a aprender facilita la adaptación a nuevas tecnologías

---

<sup>1</sup>Las habilidades blandas o *soft skills*, son un conjunto de habilidades interpersonales y sociales que facilitan la colaboración efectiva y la interacción en diversos entornos, por lo que son fundamentales para el desarrollo personal y profesional. Entre estas habilidades se incluyen la comunicación, el trabajo en equipo, la capacidad de liderazgo, la empatía, la resolución de conflictos, la adaptabilidad, creatividad, el pensamiento crítico, el manejo del tiempo, la escucha activa, una actitud positiva y la ética labora.

y métodos de trabajo, lo que es esencial para mantener la empleabilidad y la productividad en un mercado laboral dinámico. Además, fomenta la capacidad de los trabajadores para mejorar continuamente sus habilidades y conocimientos, contribuyendo a una fuerza laboral más competitiva y adaptativa.

### **ODS 10: Reducción de las Desigualdades**

La meta 10.2 de los ODS busca *“Potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, origen étnico, religión, condición económica u otra condición.”* Las herramientas del enfoque del pensamiento visible están diseñadas para adaptar los contenidos a los diferentes ritmos de todos los estudiantes, independientemente de su condición. De esta manera, busca potenciar el pensamiento para alcanzar la comprensión de los contenidos, empoderando a todos los individuos sin exclusión, proporcionando las habilidades y la confianza necesarias para superar barreras y participar plenamente en la sociedad y la economía.

### **ODS 12: Producción y Consumo Responsables**

En el hilo de la meta 4.7, la meta 12.8 de los ODS plantea *“Garantizar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y estilos de vida en armonía con la naturaleza.”* El acceso a la información está cada vez más garantizado gracias a la globalización, pero comprender esa información es lo realmente importante; aprender a aprender implica la capacidad de adquirir y aplicar toda la información relevante para tomar decisiones informadas y responsables, lo cual es crucial para promover prácticas de consumo y producción sostenibles.

### **ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos**

Finalmente, la meta 17.9 de los ODS persigue *“Mejorar el apoyo internacional a la creación de capacidad en los países en desarrollo para apoyar los planes nacionales de implementación de todos los ODS, incluso mediante la cooperación Norte-Sur, Sur-Sur y triangular.”* Aprender a pensar no sólo permite al individuo establecer y perfeccionar sus propios mecanismos de pensamiento, sino entender los de las personas que tiene a su alrededor. Este nivel de comprensión



facilita la colaboración y el intercambio de ideas entre personas de diferentes regiones y culturas, lo que es esencial para construir alianzas efectivas y sostenibles.

## 1.2. Objetivos del trabajo

Los objetivos generales de esta investigación educativa son:

- Realizar un análisis bibliográfico sobre la didáctica del concepto de densidad.
- Integrar el pensamiento visible en la metodología del aprendizaje basado en problemas para diseñar una intervención educativa.

Para lograr estos objetivos, hemos establecido los siguientes propósitos o etapas, que pueden considerarse como los objetivos específicos de este trabajo:

- Hacer una búsqueda bibliográfica para encontrar las referencias en las que se incluyan conceptos asociados a la didáctica de la densidad.
- Estudiar y comprender las propuestas planteadas por el enfoque del pensamiento visible.
- Entender los criterios de evaluación asociados al concepto de densidad y su implicación en la flotabilidad de los cuerpos, establecidos por la ley educativa para el curso en el que se enfoca la propuesta.
- Desarrollar actividades en las que se trabajen los conceptos de densidad y flotabilidad, usando como guía aquellas actividades recogidas en la bibliografía estudiada.
- Seleccionar aquellas rutinas de pensamiento que mejor se adecúen al tipo de pensamiento que queremos que los estudiantes desarrollen para lograr comprender los conceptos físicos trabajados.



## Capítulo 2

# Marco teórico y contextual

### 2.1. Los desafíos de la escuela tradicional ante la sociedad del conocimiento

Con la vertiginosa expansión de la cantidad de información difundida a través de internet en la época de globalización en la que vivimos, la educación está viviendo un cambio de paradigma. En palabras de Gros (2015), el conocimiento ha pasado de ser algo “*objetivo, estable, producido por expertos y que se puede transmitir, a algo subjetivo, dinámico y producido de forma colaborativa*”. Internet se erige como la nueva base de conocimiento, haciendo que la información sea fácilmente accesible para todos en cualquier momento y lugar. Ante esta nueva realidad, las personas nos enfrentamos a un nuevo reto: cómo aprender a aprender; cómo dar significado y establecer conexiones entre las experiencias que enfrentamos y la información que recibimos, y cómo determinar la calidad y veracidad de la misma. De acuerdo con Han et al. (2012), las personas “*necesitamos estar preparadas para enfrentarnos a una sociedad del rendimiento en la que el peso de la educación y el aprendizaje está en uno mismo*”. En este sentido, Wagner (2014) identifica una serie de habilidades esenciales que considera cruciales para la vida y el trabajo en la actualidad. Estas habilidades, a menudo referidas como “habilidades del siglo XXI”, incluyen:

- Pensamiento crítico y resolución de problemas: la capacidad de analizar problemas complejos, evaluar diferentes soluciones y tomar decisiones informadas.
- Colaboración y liderazgo por influencia: en un mundo interconectado, la habilidad de trabajar

efectivamente en equipos y de liderar sin autoridad formal es crucial.

- Agilidad y adaptabilidad: la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios y de aprender nuevas habilidades es esencial en un entorno que cambia rápidamente.
- Iniciativa y emprendimiento: la habilidad de tomar la iniciativa, y de proponer y llevar a cabo nuevos proyectos es valorada actualmente en todos los ámbitos.
- Comunicación oral y escrita efectiva: ser capaz de comunicar ideas claramente y de manera persuasiva, tanto por escrito como oralmente, es una habilidad fundamental.
- Acceso y análisis de información: la capacidad de encontrar, evaluar y utilizar la información de manera efectiva es crucial en una era de sobrecarga de información.
- Curiosidad e imaginación: la habilidad de pensar de manera creativa y de ser curioso acerca del mundo es importante para la innovación y el crecimiento personal y profesional.

Estas habilidades no sólo son importantes para el éxito profesional, sino que también son cruciales para una vida plena y activa en la sociedad moderna (Jensen, 2005).

Sin embargo, las estrategias de la escuela tradicional que seguimos utilizando en la actualidad están diseñadas según un modelo industrial: se requiere de los alumnos que completen una serie de tareas, centrándose en la actividad y el trabajo, dejando de lado el componente de aprendizaje; los estudiantes aprenden a hacer cosas con la información, en lugar de aprender acerca de la información (Ritchhart et al., 2014). Tal y como asegura González et al. (2017): *“La escuela sigue formando a niños y niñas para una sociedad que ya no existe. Esta anacronía en la que se encuentra inmersa nuestra escuela es uno de los factores que influyen en la desmotivación y, por tanto, fracaso académico de nuestro alumnado.”* En los docentes recae la presión de volcar en los alumnos el contenido del currículo y prepararlos para enfrentarse a distintas pruebas estandarizadas. Sin embargo, esta retención de información a través de la práctica rutinaria *“no es aprendizaje, es entrenamiento”* (Ritchhart et al., 2014). La sociedad actual está enfocada a que los docentes aprendan a enseñar, de forma que, además de conocer los contenidos de la materia que imparten, a los docentes se les enseñan diferentes estrategias de presentación de los contenidos y algunas técnicas de control del aula. *“En los planes de estudio de los grados en educación se contemplan asignaturas sobre innovación educativa, pero no existe ninguna asignatura relativa al pensamiento y a las estrategias que existen para estructurarlo.”* En este cuadro, en

el que la enseñanza se centra en el docente, el alumno aparece como objeto pasivo. Tal y como detectó el Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, la falta de atención hacia el pensamiento de los estudiantes lleva a un aprendizaje superficial y a concepciones erróneas arraigadas en las ciencias, incluso en estudiantes que han sido exitosos académicamente. Tal y como afirma Perkins (1997), debemos enfocarnos en el aprendizaje de los alumnos, el cual es una consecuencia del pensamiento.

## **2.2. Metodologías activas: el aprendizaje basado en proyectos**

El Proceso de Bolonia, iniciado en 1999, busca la armonización de los sistemas educativos de educación superior en Europa para adaptarse a las exigencias de un mundo global y a la sociedad del conocimiento, lo que justifica la necesidad de un cambio en el modelo educativo. Los antiguos programas educativos por objetivos han dejado paso a los programas por competencias, entendidas como un “saber hacer complejo e integrador” (Lasnier, 2000). Uno de los pilares fundamentales de la transición desde un modelo educativo centrado en la enseñanza hacia un modelo centrado en el aprendizaje es la llamada “renovación metodológica” (March, 2006).

En este sentido, las metodologías activas aparecen como aquellos métodos, técnicas y estrategias que emplean los docentes para convertir el proceso de enseñanza y aprendizaje en actividades que fomentan la participación activa de los estudiantes (Bravo-Cobeña & Viguera-Moreno, 2021; Silva Quiroz & Maturana Castillo, 2017). Según March (2006), en el diseño de las metodologías activas para favorecer la formación de competencias el reto se encuentra en ampliar el repertorio metodológico intentado conocer en profundidad las posibilidades de las diferentes estrategias y su adecuación a la práctica educativa. Así, la autora planteó una selección de diferentes métodos, en función de lo que se quiera que aprendan los estudiantes y los procesos involucrados en el proceso de aprendizaje:

- Aprendizaje cooperativo
- Aprendizaje orientado a proyectos
- Contrato de aprendizaje
- Aprendizaje basado en problemas (ABP)

- Exposición/Lección magistral
  
- Estudio de casos
  
- Simulación y juego

No es objeto de este trabajo hacer una revisión de cada una de las metodologías activas existentes, por lo que nos vamos a centrar en la que pretendemos trabajar dentro de nuestra propuesta educativa: el aprendizaje basado en problemas (ABP). En esta estrategia o enfoque educativo, los estudiantes aprenden sobre un tema a través de la experiencia de resolver un problema abierto y realista. Este método promueve el desarrollo de habilidades críticas como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la colaboración y el autoaprendizaje, y el docente aparece como facilitador del aprendizaje en lugar de un transmisor de conocimientos.

Prince (2004) concluyó que las metodologías activas de aprendizaje tienen un impacto positivo significativo en el rendimiento de los estudiantes. Estas metodologías mejoran la retención de información, la comprensión conceptual y las habilidades de pensamiento crítico. Además, Prince destacó que el aprendizaje activo es efectivo en diversos contextos y disciplinas, promoviendo un mayor compromiso y motivación entre los estudiantes. Sin embargo, también señaló la necesidad de una implementación cuidadosa y bien planificada para maximizar sus beneficios. Tal y como critica Aguerro (1999), el fracaso en la educación puede deberse a que nos hemos limitado a “*expandir y replicar el modelo clásico de la escuela del siglo XVIII, modernizándolo con materiales didácticos y, sobre todo, incluyendo la mayor cantidad de computadoras posible*”, en una solución sin enfoque prospectivo. Para que el uso de metodologías activas tenga sentido completo, debemos introducir el pensamiento y la reflexión individual antes, durante y después de todos estos procesos activos (Ritchhart, 2015; Ritchhart et al., 2014).

### **2.3. El pensamiento visible**

¿Qué es el pensamiento? Cuando decimos que estamos pensando, ¿qué es lo que estamos haciendo realmente? Y ¿todos hacemos lo mismo cuando pensamos? ¿Cómo hemos aprendido a pensar? ¿Cómo puedo reconocer el pensamiento y la comprensión en mis estudiantes ante el contenido que les enseño? Ante estas preguntas surgió el enfoque Visible Thinking (Pensamiento

Visible, PV) dentro del Project Zero de la Harvard Graduate School of Education <sup>1</sup>.

Los autores completaron una lista, iniciada por Ron Ritchhart, David Perkins, Shari Tishman y Patricia Palmer, con los principales movimientos del pensamiento de alto nivel que permiten desarrollar bien la comprensión:

- Observar de cerca y describir qué hay ahí
- Construir explicaciones e interpretaciones
- Razonar con evidencia
- Establecer conexiones
- Tener en cuenta diferentes puntos de vista y perspectivas
- Captar lo esencial y llegar a conclusiones
- Preguntarse y hacer preguntas
- Descubrir la complejidad e ir más allá de la superficie

Los autores buscaron entonces desarrollar un método que permitiese poner de manifiesto y trabajar estos ocho movimientos de pensamiento, para poder así potenciar la comprensión de los estudiantes. Para ello, elaboraron las llamadas “rutinas de pensamiento”, de las que hablaremos más en detalle en la siguiente sección, una serie de procedimientos que tienen como meta hacer visible el pensamiento a través de las prácticas de cuestionar, escuchar y documentar:

- **Cuestionar:** los autores proponen la formulación de preguntas abiertas en el aula que vayan dirigidas hacia la comprensión, más allá del conocimiento y la habilidad, con la intención de crear oportunidades de pensamiento. A menudo las preguntas en el aula sirven para revisar el contenido, poniendo a prueba la memoria de los estudiantes. En su lugar, los autores plantean que las preguntas deberían tener como metas modelar el interés de los alumnos por las ideas, construir la comprensión y facilitar y aclarar el pensamiento. De esta manera, se tratará de promover aquellas preguntas para las que el docente no necesariamente

---

<sup>1</sup> Project Zero fue fundado en 1967 en la Harvard Graduate School of Education por el filósofo Nelson Goodman. Su objetivo es comprender y mejorar el aprendizaje, el pensamiento y la creatividad en diversas disciplinas. El nombre “Project Zero” refleja la idea de Goodman de que en ese momento no existían teorías educativas que explicaran adecuadamente cómo se produce la comprensión y la creatividad, partiendo así de “cero”. El centro se ha expandido para abarcar una variedad de proyectos que exploran temas como el pensamiento profundo, la ética y el uso de la tecnología en la educación.

tenga una respuesta o no haya una respuesta predeterminada, aquellas que impulsen el pensamiento de todo el aula.

- **Escuchar:** los autores destacan la importancia de escuchar las contribuciones de los alumnos, tanto entre ellos como por parte del docente, como punto de partida que impulsa la generación de nuevas preguntas, promoviendo el pensamiento.
- **Documentar:** los autores aclaran que la acción de documentar no consiste sólo en archivar actividades, sino que se deben poner en valor las contribuciones individuales de los estudiantes, de forma que sirvan como punto de inflexión para avanzar en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Ritchhart (2015) destaca así ocho fortalezas o fuerzas culturales que favorecen el desarrollo de una cultura de pensamiento en el alumnado y en el aula:

- Crear y ofrecer **oportunidades** a los alumnos para que pongan en práctica y desarrollen los procesos cognitivos. Los autores destacan la importancia de que los alumnos sepan detectar y reconocer todas las ocasiones que se presentan para poner en marcha el pensamiento. Esto incluye la creación, por parte de los docentes, de tareas y actividades que requieren pensamiento crítico y creativo.
- Establecer y utilizar **rutinas de pensamiento**, ya que ayudan a ordenar, estructurar y desarrollar otras formas de pensamiento implicados en el proceso de aprendizaje, promoviendo la autonomía del alumno.
- Dar el **tiempo** suficiente para que los alumnos puedan pensar y profundizar en el desafío que se les plantea por sí mismos, sin apresurarnos a ofrecer una respuesta con la intención de cubrir rápidamente el currículo.
- Utilizar en el aula el **lenguaje de pensamiento**, para poder identificar y hacer uso de los distintos procesos cognitivos. Esto incluye el tipo de preguntas que se hacen, cómo se fomenta la expresión de ideas y la manera en que se responde a los estudiantes.
- Ofrecer **modelos** de pensamiento y reflexión a los estudiantes, de forma que los docentes demuestren cómo piensan, resuelven problemas y reflexionan sobre su propio aprendizaje.



- Fomentar **interacciones** que promuevan el pensamiento, el intercambio de diferentes puntos de vista y el diálogo constructivo. Esto implica crear un ambiente en el que los estudiantes se sientan seguros para expresar sus ideas y debatirlas con otros.
- Crear un **ambiente** físico y emocional que apoye el pensamiento. Esto incluye la organización del aula, los recursos disponibles y el clima emocional que fomenta la curiosidad y la exploración.
- Establecer unas **expectativas** claras y elevadas sobre el aprendizaje y el pensamiento profundo. Se enfoca en lo que los educadores esperan que los estudiantes hagan en términos de pensamiento y cómo esto influye en la cultura de la clase.

### 2.3.1. Rutinas de pensamiento

Los autores definen las rutinas de pensamiento como aquellos *procedimientos, procesos o patrones de acción que se utilizan de manera repetitiva para manejar y facilitar el logro de metas o tareas específicas*. Se trata de procedimientos sencillos que buscan ofrecer un marco para promover movimientos específicos de pensamiento que ayuden a lograr la comprensión.

Pueden entenderse las rutinas de pensamiento como herramientas puestas a disposición de los alumnos para lograr un objetivo. Por ello, primero debemos identificar el tipo de pensamiento que queremos promover y después seleccionar la rutina específica. Esto también nos permitirá enfocar la valoración de las respuestas de los estudiantes. También actúan como estructuras o andamiaje para construir el pensamiento, ya que siguen una progresión secuencial en la que cada movimiento construye y amplía el pensamiento sobre la idea anterior. Por último, las rutinas actúan como patrones de comportamiento a través de su uso continuado en el aula, de forma que los estudiantes cada vez las utilicen de forma más independiente.

Las rutinas de pensamiento originalmente se organizaban en tres categorías principales:

- Presentar y explorar ideas
- Sintetizar y organizar ideas
- Profundizar

En la actualidad, en la página web del Project Zero pueden encontrarse hasta diez categorías en las que organizar las rutinas de pensamiento:

- Rutinas de pensamiento básico
- Presentar y explorar ideas
- Profundizar
- Sintetizar y explorar ideas
- Investigar objetos y sistemas
- Toma de perspectiva
- Considerar controversias, dilemas y perspectivas
- Generar posibilidades y analogías
- Explorar arte, imágenes y objetos
- Pensamiento global

Se lista un total de 83 rutinas de pensamiento, cada una de las cuales puede incluirse en una o varias de las categorías citadas. No es objeto de este trabajo hacer un estudio detallado de cada una de ellas, pero sí vamos a mencionar brevemente las características de las rutinas que serán empleadas en la propuesta didáctica que proponemos en la siguiente sección:

### **Ver, pensar, preguntarse**

Esta rutina, ubicada dentro de la categoría de presentar y explorar ideas, puede estructurarse según las preguntas *¿Qué ves?* *¿Qué crees que está sucediendo?* *¿Qué te preguntas?* Ante una imagen, objeto o situación, pediremos a los estudiantes que digan lo que ven, sin hacer interpretaciones. Pretendemos que profundicen en la observación, por lo que debemos darles tiempo suficiente, y dirigir las observaciones sin inhibir su proceder. Esto puede beneficiarse del trabajo en pareja. Después, les preguntaremos qué creen que está pasando, acompañado de la pregunta *¿qué te hace decir eso?*, y prestaremos atención a los argumentos que den; debemos fomentar las respuestas pensadas y sopesadas, de forma que no traten de simplemente adivinar lo que ocurre u ofrecer sus opiniones sin dar una argumentación. Después, intentaremos que vayan un paso más allá y formulen en alto las preguntas que les vayan surgiendo en el proceso de pensamiento. Los investigadores de la propuesta aconsejan que los alumnos no tengan que

escribir sus respuestas en una hoja, ya que esto, además de coartar la actividad por su reticencia a escribir, puede dar la impresión de que es una hoja de trabajo que deben completar.

### **Pensar, inquietar, explorar**

Siguiendo con la categoría de presentar y explorar ideas, la rutina *Pensar, inquietar, explorar* busca propiciar la indagación en lugar de la mera recolección de datos. Puede utilizarse al principio y/o al final de una lección, y se estructura siguiendo las preguntas *¿Qué piensas de este tema? ¿Qué inquietudes te surgen? ¿Cómo puedes explorar esas inquietudes?*. Los investigadores indican que al principio será necesario guiar en el proceso de indagación, hasta que los alumnos se familiaricen con la dinámica.

### **El juego de la explicación**

Para finalizar con la categoría de presentar y explorar ideas, la rutina *El juego de la explicación* es similar a la rutina *Ver, pensar, preguntarse* pero se trabaja por partes: los estudiantes deberán reconocer las partes de un total, pensar en qué hacen, cómo funcionan, y cuáles son sus roles o propósitos. Pueden saber lo que están observando, pero no saber cómo funciona.

### **Titular**

Entrando en la categoría de rutinas para sintetizar y organizar ideas, la rutina *Titular* propone que los estudiantes escriban una frase, a modo de titular, que resuma y capte un aspecto clave que consideren significativo del contenido que han visto. Esta rutina busca crear una imagen mental de qué es importante que mantengan en el centro del pensamiento. Personalmente considero que esta rutina debería estar presente en cualquier explicación de contenido científico: es muy fácil perderse en la formulación y olvidarnos de lo que estábamos tratando de explicar, dejando que “los árboles no nos dejen ver el bosque”.

### **El protocolo de la foco-reflexión**

En esta rutina, que también se encuentra dentro de la categoría de sintetizar y organizar ideas, primero se promueve que los estudiantes reflexionen de manera individual sobre un tema o cuestión, para después compartir en grupo sus reflexiones; a la hora de compartir, cada estudiante

intervendrá durante 1-2 minutos mientras el resto escucha. Después, se permiten 20-30 segundos de silencio para reflexionar, y continuará el siguiente estudiante del grupo. Cuando todos han intervenido de manera individual, se propondrá una discusión en grupo durante 5-10 minutos. Esta rutina no promueve movimientos de pensamiento específicos, sino que busca hacer visible el pensamiento de los estudiantes y dirigir la discusión, asegurando la participación de todos en igualdad de condiciones, lo que aumenta la confianza y autonomía de los estudiantes.

### **¿Qué te hace decir eso?**

Entrando en la categoría de rutinas para explorar las ideas más profundamente, se plantea la rutina que puede estar presente cuando se trabaja cualquiera de las demás. Esta rutina implica preguntar, ante cada afirmación de los estudiantes, *¿qué te hace decir eso?* Se trata de una rutina de conversación y de pensamiento, que fue propuesta como parte de las estrategias de pensamiento visible desarrolladas por Housen, Yenawine y Arenas en 1991 (Housen et al., 1991, sin publicar). La rutina fomenta la disposición de razonar con evidencia, mostrando que la respuesta correcta no reside en una figura de autoridad externa (como podría ser el docente), sino en la evidencia que la apoya. La pregunta está cuidadosamente elegida para que no suene a desafío o prueba, sino que muestre curiosidad por el pensamiento del alumno y lo incite a desarrollarlo.

### **Afirmar, apoyar, cuestionar**

Para finalizar, también dentro de las rutinas que buscan profundizar en las ideas, está la rutina *Afirmar, apoyar, cuestionar*. Esta rutina pedirá a los estudiantes que hagan una afirmación sobre un tema, identifiquen el apoyo (las evidencias) para esa información, y formulen una pregunta que muestre lo que les hace dudar de su afirmación (tal vez aquello que no se explica en su totalidad, o lo que parece quedar pendiente). Esta rutina pretende generar consumidores de información de manera más crítica, de forma que los estudiantes sometan a escrutinio las afirmaciones que reciben.

### **2.3.2. El pensamiento visible en la literatura**

La estrategia del pensamiento visible propone exteriorizar el pensamiento para poder dirigirlo y mejorarlo, de forma que las ideas y conocimientos previos del alumno le sirvan para “apoyar y participar en el propio proceso de conocimiento” (Ritchhart et al., 2014). El pensamiento visible es

una estrategia que busca que el individuo sea participe consciente del proceso de desarrollo del pensamiento, de forma que logre adquirir un pensamiento profundo que le permita comprender y fijar un aprendizaje para siempre. Jordán et al. (2019) describe el pensamiento visible como un enfoque que contribuye a que el estudiante tenga conciencia de la realidad y sea capaz de organizar de forma práctica su entorno con la finalidad de dominarlo cada día mejor. Sin embargo, a pesar de que esta estrategia es ampliamente conocida desde hace dos décadas, no se ha encontrado en la literatura española ningún trabajo que relacione el pensamiento visible con los contenidos curriculares asociados a la densidad y flotabilidad. Sólo Puente y Bartolomé (2022) hablaron de la necesidad de hacer visible el pensamiento en la enseñanza de las ciencias experimentales desde la etapa de Educación Infantil.

En el trabajo realizado por Martín et al. (2017) destacaron el número elevado de docentes que afirmaron no conocer estrategias para estructurar y profundizar en el pensamiento del alumnado, además de que aquellos docentes que sí las conocen y utilizan destinan muy poco tiempo a ellas. Los autores consideran imprescindible una *“mayor formación en metodologías activas y en estrategias para estructurar el pensamiento, como pueden ser las que promueve el pensamiento visible.”* Relacionado con esto, en un trabajo realizado por Jordán et al. (2019) sobre las dificultades del profesorado español para adaptarse al nuevo modelo de educación por competencias introducido en la última reforma educativa, se detectó que el trabajo por competencias no se lleva a la práctica, independientemente de la etapa educativa y de la asignatura; los autores lo atribuyen, en parte, a una falta de formación del profesorado en este aspecto. Consideramos que las estrategias planteadas por el enfoque del pensamiento visible pueden contribuir enormemente al desarrollo y evaluación de la educación por competencias.

## 2.4. La problemática del concepto densidad

A la hora de tratar con el alumnado de Educación Secundaria, es habitual tener que enfrentarse a la enseñanza de nuevos conocimientos científicos que no encajan o contradicen las ideas preconcebidas erróneas que los discentes han construido durante la etapa primaria. En el caso de los conceptos de hidrostática asociados a la flotabilidad de los cuerpos, numerosos autores han investigado a lo largo de los años las dificultades del alumnado para relacionar correctamente los conceptos de masa, volumen, densidad y flotabilidad (Bullejos de la Higuera & Sampedro Vi-

llasan, 1990; Raviolo et al., 2005). De esta manera, Havu-Nuutinen (2005) apuntaba la tendencia del alumnado de Secundaria a justificar la flotación de los cuerpos a partir del peso o la masa de los mismos, en una tendencia intuitiva a considerar solo las propiedades sensibles de los objetos para simplificar la explicación de la causa. Esto tiene sentido si pensamos que en la vida diaria no surgen oportunidades en las que podamos mantener constante la masa o volumen de un objeto como para que la existencia de la densidad resulte obvia. En cambio, como explica Tina Grotzer, el peso puede percibirse o sentirse inmediatamente al intentar levantar un objeto. La obviedad de las características superficiales del objeto (peso y/o tamaño percibidos) atrae la atención de los alumnos, por lo que es poco probable que miren más allá de estas características para deducir la existencia de densidad. Joung (2009) incluso detectó la tendencia del alumnado a sustituir la variable compuesta de la causa por el numerador de la relación (en este caso, a sustituir la densidad por la masa del objeto). Ignjatov y García (2010) también detectaron la inclinación de los discentes a utilizar un esquema explicativo monocausal (en este caso, la masa o peso de los cuerpos) para explicar la flotabilidad, en lugar de uno multicausal como es la densidad. Este tipo de causalidad implica reconocer que un efecto está causado por la relación entre los elementos de un sistema, no por los elementos en sí mismos; esto provoca que los estudiantes se alejen de las formas simples, lineales y unidireccionales de causalidad cuando analizan fenómenos científicos.

Como explicación a esta tendencia natural del alumnado a la construcción de explicaciones simplificadas e incorrectas, aparece la teoría piagetiana sobre el pensamiento concreto (Piaget, 1976): Shayer et al. (1984) ya establecieron la necesidad del desarrollo del pensamiento formal para entender el concepto de densidad, y Hsin y Wu (2011) fueron un paso más allá apuntando al pensamiento formal avanzado como requisito para poder relacionar la densidad del sólido sumergido y del líquido en el que se sumerge para explicar el proceso de flotación. Ante esta situación, y la imposibilidad de acelerar el desarrollo del pensamiento de los discentes, Palacios-Díaz y Criado García-Legaz (2016) denuncian la inutilidad de las estrategias de enseñanza-aprendizaje utilizadas habitualmente en las aulas para tratar conceptos relacionados con la densidad, y apuntan a la necesidad de asociar los contenidos a un tratamiento específico que permita compararlos con interpretaciones físicas adecuadas.

En un estudio realizado a 196 alumnos de distintos cursos de Educación Secundaria, Fraile et al. (2018) detectaron que muchos alumnos consideraron la densidad como una propiedad extensiva más que intensiva; la masa y el volumen fueron estimados correctamente con mayor

frecuencia que la densidad, cuya estimación estuvo influenciada por la cantidad y calidad de datos sensoriales disponibles. Además, los estudiantes mostraron dificultades significativas para predecir cambios en la densidad debido a cambios de temperatura o estado de agregación. Ante estos resultados, las autoras declaran que la enseñanza tradicional no parece proporcionar a los estudiantes las estrategias necesarias para una adecuada estimación y comprensión de la densidad, por lo que es necesario modificar la enseñanza de la densidad para mejorar la comprensión de los estudiantes, de forma que incluya una mayor integración de la visión macroscópica y microscópica de la materia, así como un enfoque más experimental y práctico.

### 2.4.1. Crítica a los libros de texto

Tal y como sostienen Palacios-Díaz y Criado (2017), los libros de texto juegan un papel crucial en la enseñanza y en la formación de concepciones en los estudiantes. La falta de un tratamiento adecuado de los conceptos puede perpetuar ideas erróneas. Por ello, es fundamental que los libros no solo presenten fórmulas, sino que también ofrezcan explicaciones cualitativas y aborden las concepciones alternativas de los estudiantes. Sin embargo, en el estudio realizado por los autores para evaluar cómo se presentan los conceptos de volumen, masa y densidad en los libros de texto españoles de educación secundaria obligatoria (ESO), específicamente en segundo (LOMCE) y tercer curso (LOE), detectaron que los libros de texto LOE presentan carencias en el tratamiento de los conceptos de volumen, masa y densidad, carencias que no mejoran significativamente con la implementación de la LOMCE. En general, los libros introducen la densidad principalmente como una fórmula matemática sin una explicación cualitativa previa, y no abordan adecuadamente las concepciones alternativas de los estudiantes, como la confusión entre densidad y viscosidad. No se han encontrado estudios similares sobre un posible cambio en los libros de texto con la introducción de la LOMLOE.

Slisko (2005b), más en particular, hace una crítica a la forma de tratar el problema de Arquímedes en los libros de texto de Educación Secundaria, y propone una vía para que los alumnos reflexionen en el aula acerca de lo que pudo realmente hacer Arquímedes con los conocimientos de la época, atendiendo además a las distintas fuentes de error en los diferentes métodos, en una forma de implicar a los estudiantes para que resuelvan el problema utilizando conceptos de densidad y fuerza de empuje.

En otro artículo de revisión del mismo autor, Slisko (2005a) analiza los errores en los libros

de texto de física, explorando por qué estos errores persisten a lo largo del tiempo. El autor destaca que el Año Mundial de la Física es una oportunidad para reflexionar sobre la calidad de la enseñanza de la física y cómo los libros de texto en diferentes niveles educativos juegan un papel crucial en este aspecto. Encuentra que muchos libros no se adecúan al nivel cognitivo de los estudiantes, induciendo prácticas docentes incorrectas y generando una mala comprensión de la física. El autor también alega que los productos de la docencia, como los libros de texto, deben tener un control de calidad riguroso similar al de los productos de investigación, concluyendo que la solución a los errores en los libros de texto pasa por dar a la docencia el mismo estatus que a la investigación, asegurando un control de calidad riguroso en la creación de materiales educativos.

#### **2.4.2. Propuestas didácticas publicadas sobre el concepto de densidad**

Villamor y Rey-Baltar (2015) proponen una experiencia de laboratorio sencilla para entender la repercusión que tendrá el deshielo fruto del calentamiento global en el cambio en el nivel del mar. Integrar una experiencia de laboratorio sobre la densidad y el deshielo de los icebergs en el currículo de secundaria no sólo refuerza el aprendizaje de conceptos científicos fundamentales, sino que también sensibiliza a los estudiantes sobre problemas ambientales críticos y fomenta un compromiso activo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Esta metodología interdisciplinaria y práctica prepara a los estudiantes para ser ciudadanos informados y responsables que pueden contribuir de manera significativa a un futuro sostenible.

En su trabajo sobre cómo promover el aprendizaje significativo en el aula de ciencias, Carmona et al. (2021) proponen una serie de actividades para intervenir los obstáculos que encuentran los estudiantes ante los distintos modelos explicativos de la densidad, los cuales se muestran en la tabla 2.1.

En un trabajo realizado por Aranda-Cuerva y Pérez-Martín (2021), los autores pretendieron analizar las habilidades científicas desarrolladas por estudiantes de educación infantil durante una actividad de experimentación científica basada en la flotabilidad, y observar si estas habilidades se alinean con las de estudiantes de educación secundaria. La actividad planteada combina experiencias de laboratorio con estrategias de pensamiento visible, si bien en el trabajo no viene explicitado como tal. El estudio demuestra que es posible enseñar conceptos científicos complejos a estudiantes de educación infantil utilizando actividades prácticas y exploratorias, las cuales no sólo desarrollan habilidades científicas básicas sino que también corrigen conceptos erróneos,



Modelo explicativo	Descripción de la característica	Obstáculos del modelo
Empírico	Atribuye sólo la masa o el volumen como densidad	No diferencian los conceptos masa, volumen y densidad: atribuyen características de uno a otro.
	Considera la densidad como propiedad general de la materia.	No la asocian como una propiedad característica de una sustancia, que permite diferenciarla de otras sustancias.
Proporcionalidad	Reconoce la densidad como la relación entre la masa y el volumen.	Relacionan a la densidad con una de las variables (masa o volumen) y no la reconocen como la relación entre dichas variables.
	Propiedad intensiva de la materia.	Considera que la densidad es una propiedad extensiva, o sea que cambia con la cantidad de materia.
	La temperatura y la presión afectan a la densidad.	No tienen en cuenta la influencia de la temperatura (o la presión en los gases) sobre la densidad.
	Cambios de forma son cambios de densidad.	Confunden cambios de forma con cambios de volumen y, por lo tanto, con cambios de densidad.
Analógico	Conceptos como peso y viscosidad son sinónimos de la densidad.	No diferencian los conceptos de peso, viscosidad y densidad.

Tabla 2.1: Modelos explicativos sobre densidad y su caracterización. Fuente: Carmona et al. (2021).

sentando una base sólida para el aprendizaje científico futuro.

Dentro del proyecto de investigación *The Understandings of Consequence Project*, la investigadora Tina Grotzer junto con Carolyn Houghton, Belinda Basca, Sarah Mittlefehldt, Rebecca Lincoln, y Dorothy MacGillivray, desarrollaron un módulo de actividades destinadas a encarar las dificultades que surgen en los estudiantes de educación secundaria a la hora de entender y utilizar el concepto de densidad, como ya hemos comentado en la sección 2.4. Este módulo recibió el nombre de *Causal Patterns in Density: Lessons to Infuse into Density Units to Enable Deeper Understanding*. El módulo se divide en cuatro secciones, en cada una de las cuales se presenta un reto de pensamiento sobre la causalidad que afecta a la capacidad de los alumnos para comprender en profundidad el concepto de densidad. Además, las secciones están secuenciadas para facilitar la comprensión. Las autoras presentan algunas de las respuestas de los alumnos de las escuelas públicas Burlington (Massachusetts), en los que se probó este módulo, pero no hacen

un análisis sobre la diferencia en el grado de comprensión de los alumnos frente al uso de métodos tradicionales. En base a esto, en este trabajo proponemos hemos diseñado una propuesta educativa para trabajar el concepto de densidad, adaptada al currículo de Educación Secundaria Obligatoria en Castilla y León.

## **2.5. Marco contextual: Adecuación al currículo de Educación Secundaria Obligatoria**

El Decreto 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León, incluye entre los contenidos de la asignatura de Física y Química en el cuarto curso, dentro del bloque D (La interacción), los conceptos asociados a las fuerzas y presión en los fluidos. Los alumnos ya habrán trabajado el concepto de densidad en el segundo curso de educación secundaria, pero no es hasta el cuarto curso cuando tratan el concepto de flotabilidad donde, tradicionalmente, se han encontrado los problemas anteriormente descritos.

De esta manera, con la propuesta educativa que proponemos en este TFM se trabajarán los siguientes contenidos planteados en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria de Castilla y León:

### A Las destrezas científicas básicas:

- El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos, cobrando especial importancia el Sistema Internacional de unidades. Magnitudes fundamentales y derivadas. Magnitudes escalares y vectoriales. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes entornos científicos y de aprendizaje.
- Identificación de las diferentes etapas del método científico a partir de un texto donde se refleje la investigación científica.
- Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones que vayan más allá de las condiciones experimentales para aplicarlas a nuevos escenarios.

- Diversos entornos y recursos de aprendizaje científico como el laboratorio o los entornos virtuales: materiales, sustancias, instrumentos y herramientas tecnológicas.
- Normas de uso de cada espacio, asegurando y protegiendo así la salud propia y comunitaria, la seguridad en las redes y el respeto hacia el medio ambiente.
- Estrategias de interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios: desarrollo de un criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria.
- Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química para el avance y la mejora de la sociedad.

D La interacción:

- Fuerzas en los fluidos: efectos de las fuerzas sobre los líquidos y los gases, estudiando los principios fundamentales que las describen.

En relación a los contenidos trabajados y a las competencias específicas establecidas por la ley, se tendrán en cuenta los siguientes criterios de evaluación (cuyos descriptores operativos se incluyen entre paréntesis):

■ Competencia específica 1:

- 1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación. (CCL1, STEM 2, CD1)
- 1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión. (CCL1, STEM1, STEM2, STEM 4)

■ Competencia específica 2:

- 2.1 Emplear las metodologías propias de la ciencia en la identificación y descripción de fenómenos científicos a partir de situaciones tanto observadas en el mundo natural o

generadas en un laboratorio como planteadas a través de enunciados con información textual, gráfica o numérica. (CCL1, CCL3, STEM1, STEM2, STEM4, CD1, CPSAA4, CCEC3)

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación. (CCL1, CCL3, STEM1, STEM2, CD1, CPSAA4)

2.3 Aplicar las leyes y teorías científicas más importantes para validar hipótesis de manera informada y coherente con el conocimiento científico existente, diseñando de forma pautada, los procedimientos experimentales o deductivos necesarios para resolverlas y analizando los resultados críticamente. (STEM 1, STEM 2, CPSAA4, CE1)

■ Competencia específica 3:

3.1 Emplear fuentes variadas (textos, gráficas y tablas), fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante. (STEM4, CD3, CPSAA4, CCEC2, CCEC4)

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica. (STEM4, CD3, CC1, CCEC2)

3.3 Aplicar con rigor las normas de uso de los espacios específicos de la ciencia, como el laboratorio de física y química, asegurando la salud propia y colectiva, la conservación sostenible del medio ambiente y el cuidado de las instalaciones. (STEM5, CPSAA2, CC1)

■ Competencia específica 4:

4.1 Utilizar de forma eficiente recursos variados mejorando el aprendizaje autónomo y la interacción con otros miembros de la comunidad educativa, de forma rigurosa y respetuosa y analizando críticamente las aportaciones de cada participante. (CCL3, STEM4, CD1, CD2, CD3, CPSAA3, CPSAA4)

4.2 Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables, desechando las menos adecuadas y mejorando el aprendizaje propio y colectivo. (CCL2, CCL3, STEM4, CD1, CD2, CD3, CPSAA3, CPSAA4, CE3, CCEC4)

■ Competencia específica 5:

5.1 Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia. (CCL5, CP3, STEM5, CD3, CPSAA3, CC3, CE2)

■ Competencia específica 6:

6.1 Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por mujeres y hombres, así como de situaciones y contextos actuales, que la ciencia es un proceso en permanente construcción y que ésta tiene repercusiones e implicaciones importantes sobre la sociedad actual. (STEM2, CD4, CPSAA1, CPSAA4, CC3, , CCEC1)



## Capítulo 3

# Diseño de una propuesta educativa

En base a la bibliografía estudiada, en este capítulo planteamos una propuesta didáctica para ayudar a los estudiantes a comprender el concepto de densidad y su implicación en la capacidad de flotabilidad de los objetos o sustancias. Esta propuesta está inicialmente dividida en dos sesiones de trabajo de entre 50 minutos y 1 hora de duración, para poder ser llevadas a cabo en el horario habitual de clase. Cada una de las sesiones incluye dos actividades diferenciadas, por lo que la duración de la propuesta puede adaptarse en función del ritmo de aprendizaje de los alumnos.

Como hemos visto en el capítulo anterior, se ha observado una tendencia habitual de los alumnos a simplificar la causa relacional (densidad) por las características perceptibles del objeto (como la masa o volumen), y también a centrarse en el objeto que se hunde o flota en lugar de en la relación entre las densidades del objeto y el líquido. Las actividades que proponemos en estas sesiones intentan ayudar a los alumnos a desarrollar un modelo causal relacional de la flotabilidad ofreciendo pruebas que discrepan de un enfoque centrado meramente en el objeto y en el modelo causal lineal que se deriva de él. Primero trabajaremos el concepto de densidad a partir de su definición formal, y propondremos a los alumnos que calculen la densidad de distintos objetos. Después, introduciremos la historia de Arquímedes y la corona de oro, para mostrar otra forma de calcular la densidad de los objetos con formas irregulares. En la siguiente sesión, conectaremos la densidad con la capacidad de flotabilidad de los cuerpos y sustancias: primero pondremos en juego la densidad de los objetos, utilizando un único fluido para sumergirlos, y después mantendremos el objeto sumergido constante y variaremos el líquido en el que se sumerge;

de esta manera, dirigiremos la atención de los alumnos al papel del líquido, revelando así la estructura causal subyacente como relacional. Finalmente, proponemos al alumnado una actividad para comprobar su nivel de comprensión de los contenidos vistos, y su capacidad para relacionarlos con situaciones de la vida diaria. Todas estas actividades han sido diseñadas siguiendo las pautas de diferentes rutinas de pensamiento, con la intención de hacer visible el pensamiento de los alumnos en todo momento, guiando su proceso de comprensión de los conceptos de forma escalada, e intentando promover la colaboración.

### 3.1. Conceptos físicos implicados

La densidad ( $\rho$ ) de un cuerpo o sustancia se puede calcular como la relación entre su masa ( $m$ ) y su volumen ( $V$ ):

$$\rho = m/V \quad (3.1)$$

A partir de esta relación, podremos obtener una de las variables si conocemos las otras dos para un objeto o sustancia dado.

La densidad es una de las variables que intervienen en la capacidad de flotabilidad de un objeto. Para saber si un objeto se hundirá o flotará en un líquido, hay que comparar la densidad del objeto con la densidad del líquido: un objeto con una densidad superior a la del líquido se hundirá en él, mientras que un objeto con una densidad menor que la del líquido flotará en él. Si las densidades del líquido y del objeto son iguales, el objeto quedará suspendido.

Este fenómeno tiene su explicación a través del equilibrio de fuerzas que ocurre entre la fuerza peso del objeto o sustancia que se sumerge, y la fuerza de empuje que ejerce el fluido sobre el objeto o sustancia. Esta fuerza de empuje,  $E$ , es igual al peso del fluido desalojado por el objeto o sustancia sumergido:

$$E = m_f \cdot g = \rho_f \cdot V_f \cdot g \quad (3.2)$$

siendo  $m_f$  la masa del fluido desalojado, que puede obtenerse a través de su volumen,  $V_f$ , y su densidad,  $\rho_f$ , y siendo  $g$  la aceleración de la gravedad terrestre. De esta manera, el peso aparente del objeto sumergido será igual a la diferencia entre su peso real y la fuerza de empuje:

$$P_{aparente} = P_{real} - E = (\rho - \rho_f) \cdot V \cdot g \quad (3.3)$$



siendo  $\rho$  la densidad del objeto sumergido, y  $V$  su volumen, que es igual al volumen del líquido desalojado.

### 3.1.1. La historia de Arquímedes y la corona

Según la leyenda, el rey Hierón II de Siracusa había encargado a un orfebre la fabricación de una corona de oro puro. Sin embargo, el rey sospechaba que el artesano podría haber sustituido parte del oro por plata, manteniendo el mismo peso pero reduciendo el valor de la corona. Para resolver esta duda, Hierón solicitó la ayuda de Arquímedes. De acuerdo a la leyenda, Arquímedes se encontraba inmerso en la búsqueda de una solución que no comprometiese la integridad de la corona cuando, al sumergirse en su bañera para darse un baño, notó cómo el nivel del agua subía. Este fenómeno le reveló que el volumen de agua que se desplazaba equivalía al volumen del cuerpo que se había sumergido. Comprendió entonces que podía utilizar este principio para determinar la pureza de la corona. Arquímedes procedió a sumergir la corona y una cantidad equivalente de oro puro en agua, observando la diferencia en el desplazamiento de agua. La corona desplazaba más agua que el oro puro, lo que indicaba que la corona tenía un volumen mayor que una masa equivalente de oro puro y, por ende, no podía estar compuesta enteramente de oro. A través de este experimento, Arquímedes había demostrado que podía determinar la densidad de la corona y probar la adulteración del material sin necesidad de destruirla, utilizando principios de hidrostática.

### 3.1.2. Cálculo del volumen de poliedros regulares

Como veremos en la siguiente sección, en una de las actividades propuestas en la primera sesión se pedirá a los alumnos que calculen la densidad de unos dados a través de dos métodos: utilizando las fórmulas matemáticas y a través del principio de Arquímedes. El primer método requerirá calcular el volumen de dichos dados utilizando las expresiones matemáticas correspondientes a las formas poliédricas de cada uno de ellos. Los alumnos habrán visto la mayoría de estas expresiones en la asignatura de Matemáticas de los cursos tercero y cuarto de Educación Secundaria Obligatoria, pero se las proporcionaremos durante la realización de la actividad, ya que no se espera que las recuerden ni que sepan derivarlas. Los dados que van a utilizarse en la actividad pueden tener las siguientes formas: tetraédrica, de cubo, octaédrica, dodecaédrica e icosaédrica.

El volumen del tetraedro (o pirámide triangular), se calcula según la expresión:

$$V_T = \frac{1}{3} \cdot a_b \cdot h = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot b \cdot h_b \right) \quad (3.4)$$

siendo  $a_b$  el área de la base triangular y  $h$  la altura del tetraedro. El área de la base triangular  $a_b$  se calcula en función de la longitud  $b$  de la base del triángulo por la altura  $h_b$  del mismo.

El volumen del cubo de lado  $l$  se calcula según:

$$V_C = l \cdot l \cdot l = l^3 \quad (3.5)$$

El volumen del octaedro cuya arista tiene una longitud  $l$  se calcula como:

$$V_O = \frac{1}{3} \sqrt{2} \cdot l^3 \quad (3.6)$$

El volumen de un dodecaedro de arista  $l$  se calcula según la expresión:

$$V_D = \frac{1}{4} (15 + 7\sqrt{5}) l^3 \quad (3.7)$$

Y, finalmente, el volumen de un icosaedro de arista  $l$  se calcula según:

$$V_I = \frac{5}{12} (3 + \sqrt{5}) l^3 \quad (3.8)$$

## 3.2. Primera sesión

### 3.2.1. Duración y lugar

La sesión está pensada para poder ser realizada durante una hora de clase, según el horario regular, si bien podría dividirse en dos partes en función del ritmo de trabajo y aprendizaje de los alumnos. La sesión puede realizarse en el aula habitual, si bien recomendamos que se realice en un laboratorio de ciencias o taller, si el centro dispone de ellos, por el uso de agua durante la práctica.

### 3.2.2. Objetivos de la sesión

- Conocer la definición formal de densidad
- Determinar la masa de distintos objetos utilizando una balanza electrónica
- Determinar el volumen de objetos con formas regulares a partir de las expresiones matemáticas correspondientes
- Conocer el principio de Arquímedes
- Utilizar el principio de Arquímedes para determinar el volumen de objetos con formas irregulares
- Determinar de la densidad de objetos cotidianos

### 3.2.3. Material

- Balanza de precisión
- Probetas de diferentes tamaños según el objeto que se desee estudiar. En su defecto, puede utilizarse un recipiente cilíndrico y papel milimetrado
- Agua
- Objetos sumergibles en agua con formas regulares: en este caso usaremos un set de dados metálicos con formas geométricas conocidas
- Objetos sumergibles con formas irregulares cuya densidad quiera determinarse: una goma de borrar, una regla, una pulsera, un anillo, una bola de papel de aluminio, etc.

### 3.2.4. Desarrollo

El profesor comenzará la clase preguntando a los alumnos qué es la densidad y cómo se calcula, intentando comprobar el nivel de conocimiento previo de los estudiantes. Se espera que la mayoría recuerden cómo se calcula la densidad de un objeto: dividiendo su masa entre su volumen. A partir de ahí, el profesor presentará a los alumnos un conjunto de dados metálicos, como los que se muestran en la figura 3.1, y les preguntará cómo pueden calcular la densidad de los mismos. Como ya lo habrán comentado, lo primero que tienen que hacer será calcular su



Figura 3.1: Set de dados metálicos con formas geométricas regulares. Fuente: elaboración propia.

masa, para lo cual utilizarán una balanza electrónica. Después tendrán que calcular el volumen de los dados: como estos tienen la forma de poliedros de distinto número de caras, los estudiantes podrán calcular el volumen a partir de las expresiones matemáticas que han visto en la asignatura de Matemáticas tanto en ese curso como en el anterior, las cuales se muestran en la sección 3.1.2. El profesor repartirá entonces a cada pareja un dado, para que calculen su densidad de la manera vista. Todos los alumnos deberían obtener el mismo valor de densidad, puesto que los dados están hechos con el mismo material. A partir de ese valor, podrían incluso tratar de encontrar de qué material están hechos los dados, a partir de una búsqueda en internet.

En el siguiente paso de la experiencia, el profesor les planteará la duda de cómo obtener la densidad de un objeto con una forma no regular, por ejemplo, una goma de borrar usada. La mayor dificultad aquí radica en cómo calcular el volumen del objeto, ya que la masa del mismo se puede medir usando la misma balanza electrónica que en la experiencia anterior. Se dejará un tiempo para que los alumnos propongan posibles métodos; tal vez conozcan la experiencia de Arquímedes y la corona, pero el profesor estará preparado para contarles la historia teniendo en cuenta las consideraciones propuestas por Slisko (2005). Una vez determinado que podemos obtener el volumen de un objeto irregular sumergiéndolo en agua e igualándolo al volumen del fluido que desaloja, el docente pedirá a los alumnos que comprueben si el volumen que habían calculado para su dado es el mismo que el que obtienen realizando esta experiencia. Una vez hayan comprobado que los volúmenes de los dados obtenidos por ambos métodos coinciden, el profesor les propondrá obtener la densidad de objetos irregulares (sumergibles) que haya en el aula: gomas de borrar, bolígrafos, reglas, tizas, pulseras, anillos, bolas de papel de aluminio, etc. Puede verse un ejemplo del proceso completo de medida de la masa y el volumen de un objeto en la figura 3.2. Finalmente, los alumnos tendrán que recoger en un pequeño informe los resultados que han obtenido. Para la evaluación de estos informes, hemos propuesto la rúbrica recogida en

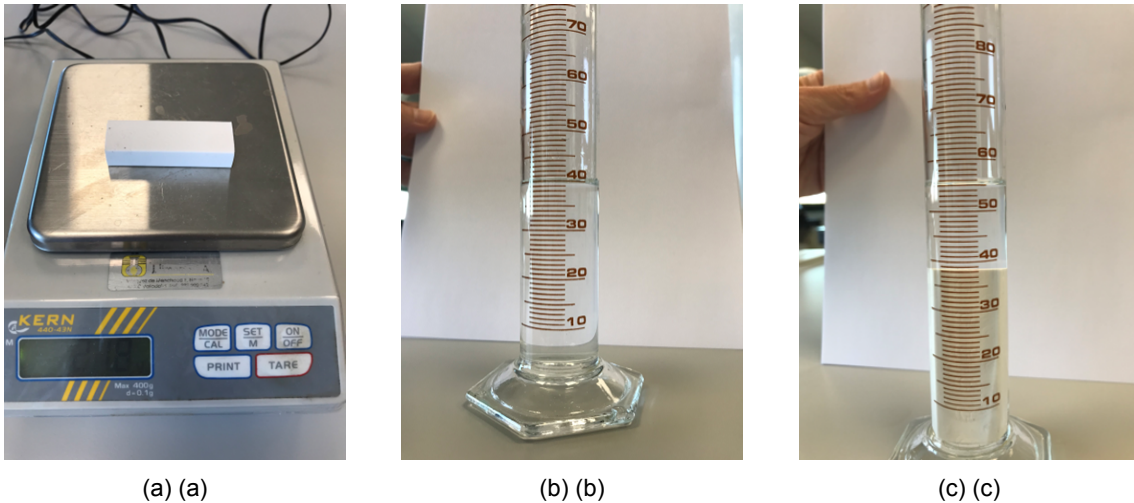


Figura 3.2: Ejemplo del proceso seguido para obtener la masa y volumen de un objeto, con los que poder determinar su densidad. (a) Determinación de la masa utilizando una balanza digital. (b) Probeta con volumen inicial de agua (c) Probeta con el objeto problema sumergido. Fuente: Quirós-Alpera y Gallego-Díaz (2024)

las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 de la sección 3.4.

### 3.3. Segunda sesión

#### 3.3.1. Duración y lugar

La sesión está pensada para poder ser realizada durante una hora de clase, según el horario regular, si bien podría dividirse en dos partes en función del ritmo de trabajo y aprendizaje de los alumnos. Es probable que la segunda parte de la sesión se alargue, dependiendo de la implicación de los alumnos. Además, dependiendo de si el docente prefiere que los alumnos realicen una memoria de trabajo como material evaluable o si prefiere que expongan sus resultados al resto de compañeros, sería recomendable emplear para ello una tercera sesión. Las actividades pueden realizarse en el aula habitual; la primera parte de la sesión implica el uso de líquidos, pero dado que sólo van a ser manipulados por el docente a modo de experiencia de cátedra, no creemos que sea necesario trasladar la clase a un laboratorio o taller.

### 3.3.2. Objetivos de la sesión

- Probar que es la densidad de los objetos, y no su masa o su volumen por separado, la que determina (en parte) su capacidad para flotar en un fluido.
- Mostrar el papel determinante que juega la densidad del fluido.
- Extraer y aplicar los contenidos vistos a situaciones de la vida cotidiana.
- Explicar situaciones del mundo real a través de conceptos de hidrostática.
- Trabajar la capacidad de síntesis.

### 3.3.3. Material

- 3 recipientes transparentes
- Rebanadas de pan de molde
- Agua
- Alcohol etílico 96°
- Abalorios de plástico de diferentes tamaños
- Fotocopias con las imágenes

### 3.3.4. Desarrollo

El profesor comenzará la sesión recordando lo que habían visto en la sesión anterior sobre el cálculo de la densidad de los objetos. Les hará notar que todos los objetos que analizaron se sumergían en el agua, y entonces les preguntará qué hace que un objeto se sumerja o no en un fluido. Se espera que algún alumno atribuya la capacidad de flotabilidad al peso (la masa) del objeto, por lo que el profesor planteará la siguiente experiencia: colocará sobre la mesa un recipiente transparente con agua y unas rebanadas de pan de molde, y preguntará a los alumnos sin las rebanadas de pan flotarán en el agua o se hundirán. Podemos someterlo a votación, y después proceder a colocar una rebanada sobre el agua: la rebanada flotará. Entonces, el profesor cogerá otra rebanada, hará una bola compacta con ella, y la echará al recipiente con agua: la bola de pan se hundirá. El profesor entonces planteará de nuevo la pregunta sobre qué

hace que un objeto se sumerja o no en un fluido, habiendo visto que la masa tanto de la rebanada como de la bola de pan era la misma, pero se comportaban de manera distinta.

Una vez se haya determinado que es la densidad del objeto (y no su masa) la que determina, en parte, la capacidad de flotabilidad del objeto, pasaremos a poner en valor la densidad del fluido. El profesor mostrará entonces a los alumnos dos recipientes iguales, uno de ellos con agua y el otro con alcohol etílico, y sin darles ninguna información a los alumnos les preguntará qué es lo que ven. A continuación, el profesor sacará una caja con abalorios iguales pero de diferentes tamaños, y echará al recipiente con agua uno de los abalorios de menor tamaño: los alumnos podrán comprobar que el abalorio flota en el agua, y podrán hacer conjeturas sobre el material del que está hecho el abalorio. El profesor entonces echará al recipiente con alcohol uno de los abalorios de mayor tamaño, y los alumnos podrán ver que el abalorio se hunde, tal y como se muestra en la figura 3.3. Se espera que los alumnos queden algo perplejos, puesto que habían determinado que la densidad del objeto, y no su masa, era la que influía en la capacidad de flotación. El profesor entonces intentará guiarles en el proceso de observación, para que los alumnos profundicen en lo que están observando y lo apoyen con argumentos, para poder obtener respuestas a preguntas como de qué está hecho el vaso, qué forma tiene, o si es verdaderamente agua lo que hay en ambos recipientes. Ante cada respuesta de los alumnos, el profesor les preguntará *¿Qué te hace decir eso?*, con la intención de que los alumnos apoyen sus afirmaciones con evidencias. Finalmente se tratará de llegar a la conclusión de que la densidad del fluido también juega un papel determinante en la capacidad de flotabilidad de los objetos, y el profesor podrá mostrar que, si añadimos lentamente alcohol al recipiente con agua, llegará un punto en el que el abalorio que inicialmente flotaba en el agua, termine sumergiéndose.

En la siguiente parte de la sesión, plantearemos a los alumnos una actividad con la que se pretende determinar el nivel de comprensión del concepto de densidad y su papel en el principio de Arquímedes conseguido a partir de las actividades desarrolladas previamente. Para ello, se dividirá la clase en cinco grupos, y a cada grupo se le entregará una imagen. Estas imágenes muestran situaciones de la vida diaria en las que entran en juego los conceptos de densidad y flotabilidad. La idea es guiar a los alumnos a través de la rutina de pensamiento *El juego de la explicación*: esta rutina propone que los alumnos observen detenidamente una situación, desgranando cada uno de sus detalles, para después pensar en qué está ocurriendo o cómo pueden explicarlo, momento en el cual se les pueden plantear una serie de preguntas. Las situaciones



Figura 3.3: Ejemplo del comportamiento de un mismo objeto en diferentes fluidos. A la izquierda, abalorio esférico de plástico flotando sobre agua. A la derecha, abalorio idéntico al anterior flotando sobre alcohol etílico. Fuente: elaboración propia.

planteadas en las imágenes no son desconocidas para los alumnos, pero no se espera que sepan explicar los mecanismos por los cuales ocurren. Combinaremos el juego de la explicación con la rutina de pensamiento *El protocolo de la foco-reflexión*, para que todos los alumnos puedan hacer su aportación individual. Cada grupo tendrá un tiempo suficiente para observar detenidamente las imágenes e intentar detectar la mayor cantidad de detalles posible. El profesor actuará de guía intentando encaminar la atención de los alumnos hacia los elementos que considere relevantes, pero nunca inhibiendo ni dando la respuesta. Es importante en este punto intentar que los estudiantes se limiten a anotar lo que observan, sin tratar de hacer interpretaciones. Tras ese tiempo, los miembros del grupo pondrán en común lo que ha detectado cada uno, de forma que puedan detectar aquello que ha sido relevante para todos los miembros del grupo y aquellos detalles que sólo hayan visto de manera puntual. Tras esta primera parte, el profesor les instará a pensar qué puede estar ocurriendo en cada una de las situaciones: a través de la pregunta *¿Qué te hace decir eso?* se buscará que los alumnos apoyen sus argumentos con evidencias, en lugar de que simplemente traten de adivinar lo que pasa. Otras preguntas que pueden formularse son *¿Se te ocurre otra explicación también posible sobre lo que está ocurriendo?* *¿Hay algo que quede por explicar o resolver?* Finalmente, los grupos expondrán al resto de la clase sus conclusiones. La evaluación de esta actividad puede realizarse siguiendo los criterios establecidos en la rúbrica incluida en las tablas 3.4 y 3.5 de la sección 3.4.

Para concluir el trabajo realizado en ambas sesiones, se pedirá a los alumnos que escriban, de manera individual, una frase que recoja, a modo de resumen, los contenidos que han visto. Queremos utilizar la rutina de pensamiento *Titular*, para determinar la capacidad de síntesis y



de extracción de las ideas más importantes de los alumnos. Esta frase, junto con los informes realizados durante las sesiones, servirá como forma de evaluar la comprensión de los alumnos de los contenidos vistos. Para evaluar el titular, proponemos la rúbrica incluida en la tabla 3.6 de la sección 3.4.

### **Imágenes mostradas en la segunda actividad**

A continuación se muestran las imágenes que el profesor le dará a cada uno de los grupos en la segunda parte de la segunda sesión. Se busca que los alumnos detecten la mayor cantidad de detalles, que les hagan llegar a la explicación sobre los mecanismos que tienen lugar en las distintas situaciones, relacionados con el principio de Arquímedes.

En la primera imagen, mostrada en la figura 3.4, se muestra a dos buceadores sumergidos pero cerca de la superficie del agua. Por la posición de ambos podemos deducir que uno de ellos, el que está más alejado del espectador y sujetando un cabo, está sumergiéndose, mientras que el otro está subiendo hacia la superficie. Esto podemos verlo también por las burbujas de aire cercanas a uno y otro. El detalle que nos interesa mostrar es que el buceador que parece estar ascendiendo a la superficie está agarrando la XX del chaleco: los chalecos de los buceadores tienen un mecanismo que hace que se hinchen o deshinchén de aire, facilitando la ascensión del buceador hacia la superficie o la inmersión, respectivamente. Cuando el chaleco se hincha de aire, al ser éste menos denso que el agua, el chaleco tiende a flotar, permitiendo al buceador ascender hacia la superficie más fácilmente.

En la segunda imagen, mostrada en la figura 3.5, se ha representado de forma esquemática el funcionamiento de un submarino: similar al caso explicado con el buceador, cuando un submarino busca sumergirse en el mar, activa un mecanismo para llenar de agua una serie de compartimentos, de forma que su densidad se equilibra con la del mar. Contrariamente, cuando el submarino busca emerger a la superficie, activa un mecanismo por el que estos compartimentos se llenan de aire, que estaba inicialmente guardado a presión, expulsando el agua y haciendo que la densidad del submarino sea menor que la del agua, facilitando su subida a la superficie.



Figura 3.4: Buceadores utilizando el principio de Arquímedes para sumergirse o emerger a la superficie. Fuente de la imagen: Pexels.

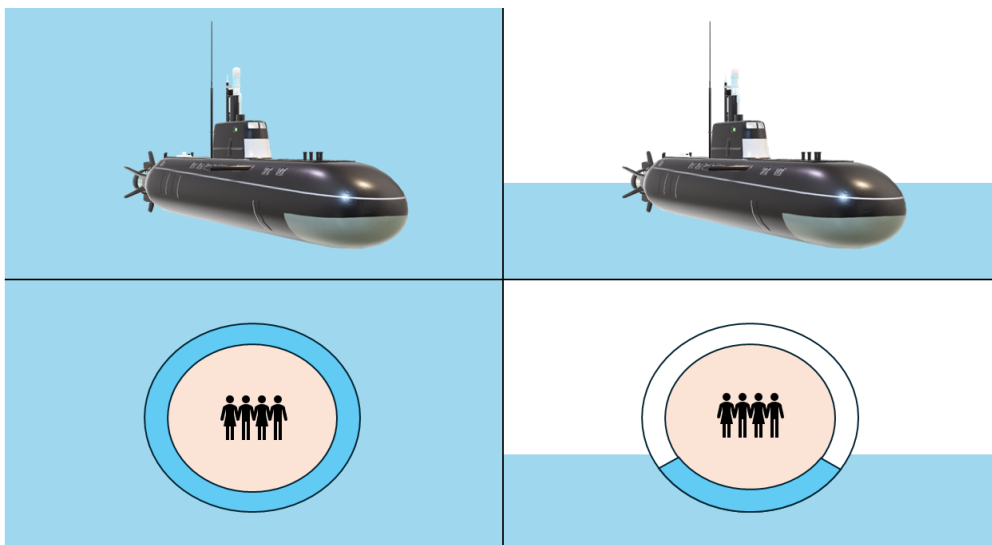


Figura 3.5: Imagen esquemática del mecanismo de funcionamiento de un submarino. En los dos paneles de la izquierda se muestra el submarino sumergido, en los dos paneles de la derecha se muestra el submarino flotando sobre la superficie del mar. Fuente: elaboración propia.

En la tercera imagen, mostrada en la figura 3.6, puede verse un globo aerostático a punto de despegar. Vemos que la cesta en la que se encuentran los pasajeros empieza a levantarse del suelo, mientras que los operarios la mantienen sujeta y estable, además de que también puede verse el cabo todavía amarrado. El operario encargado dentro del globo está manejando el quemador, un dispositivo que calienta el gas en el interior del globo, haciendo que sea menos denso que el aire de la atmósfera y pueda así elevarse.



Figura 3.6: Globo aerostático a punto de despegar. Fuente: Pexels

En la cuarta imagen, incluida en la figura 3.7, podemos ver una situación que probablemente hayamos puesto en práctica a menudo en nuestras cocinas: introducir un huevo en un vaso con agua para saber si es fresco. Si el huevo es fresco, se hundirá al fondo del vaso; si está pasado, flotará, y deberemos descartarlo; y si queda suspendido en el agua, deberemos consumirlo ese mismo día. La explicación de este fenómeno radica en la porosidad de la cáscara del huevo: cuanto más tiempo tiempo tiene el huevo, mayor humedad habrá perdido a través de la cáscara;

el huevo estará más “lleno de aire”, por lo que flotará en el agua.

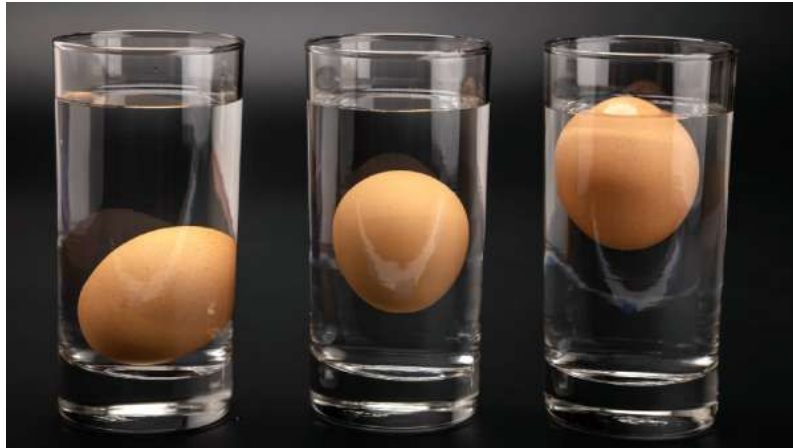


Figura 3.7: Tres huevos dentro de tres recipientes con agua: a la izquierda el huevo más fresco; a la derecha, el huevo menos fresco; en el medio se muestra un huevo a medio camino entre un estado y otro. Fuente: cocinatis.com

Finalmente, en la imagen de la figura 3.8, podemos ver a un hombre flotando sobre el agua del mar: se trata de una imagen tomada en el Mar Muerto, un lago en el que la concentración de sal es tan alta que la densidad del agua es muy superior a la del ser humano, haciendo que éste flote sin problema. Podemos ver que el hombre no está apoyado sobre nada y que no se debe a que el nivel del agua sea muy bajo, ya que al fondo pueden verse otras personas más cercanas a la orilla del lago a las que el nivel del agua les llega por la cadera.



Figura 3.8: Hombre flotando horizontalmente sobre el Mar Muerto. Fuente: Pixabay

### **3.4. Rúbricas de evaluación**

En este anexo se presentan las rúbricas propuestas para evaluar el grado de comprensión de los alumnos sobre los contenidos trabajados, así como la adquisición de otras competencias extracurriculares que también se trabajan durante las sesiones. En todas las tablas, la evaluación de cada criterio se ha establecido en función de cuatro grados de competencia: insuficiente, suficiente, bueno, y excelente. A cada grado de competencia se le ha asignado un número, indicado entre paréntesis en cada tabla al lado del grado de competencia, en caso de que se quiera hacer un cómputo global.

#### **3.4.1. Primera sesión: informe de resultados**

Tras el trabajo realizado en la primera sesión, los alumnos tendrán que entregar al profesor un informe individual que incluya el proceso que han seguido y los resultados que han obtenido sobre el cálculo de la densidad de los objetos regulares e irregulares presentados en clase. Recordamos que el trabajo en el aula fue realizado en parejas, pero consideramos más valioso de cara a una evaluación que los alumnos entreguen un informe individual. Sin embargo, queda a elección del docente que los alumnos entreguen de igual manera un único informe por pareja.

#### **3.4.2. Segunda sesión: El juego de la explicación**

En la segunda sesión, los alumnos trabajarán en equipos de cinco para interpretar una imagen y explicar lo que está sucediendo en términos de lo aprendido con las actividades anteriores. Los alumnos tienen que observar la imagen, anotar todo lo que vean sin intentar hacer interpretaciones, y después compartirlo con el resto de compañeros del equipo. Tras esto, el equipo entero debatirá para encontrar la explicación a la escena que muestra cada imagen. Finalmente, todos los equipos presentarán sus resultados al resto de la clase. Los alumnos entregarán al profesor las anotaciones que hayan hecho durante la actividad, que se valorarán de forma individual, mientras que la exposición realizada al final de la actividad se valorará de forma grupal.

#### **3.4.3. Segunda sesión: Titular**

Finalmente, los alumnos tendrán que entregar al docente, de manera individual, una frase a modo de titular que recoja todos los contenidos vistos en las actividades realizadas.

criterio	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Bueno (2)	Excelente (3)
Procedimentales				
Formato	El informe carece de una estructura clara, se presenta desorganizado y es difícil de seguir.	El informe presenta una estructura básica, pero algunas secciones no están claramente definidas.	Informe bien estructurado, con algunas secciones claras y ordenadas.	Informe muy bien estructurado, con secciones claramente definidas y fácil de seguir.
Introducción	El problema no está revisado completamente, y los objetivos no son claros y/o precisos.	El problema está revisado completamente, pero los objetivos no son claros y/o precisos, y no diferencia los objetivos principales de los secundarios.	El problema no está revisado completamente, pero presenta los objetivos claros y precisos, diferenciando entre objetivos principales y secundarios.	Incluye una revisión completa y correcta del problema, y presenta los objetivos de forma clara y precisa.
Descripción del procedimiento	Presenta una descripción incompleta o confusa del procedimiento, con ausencia de muchos detalles importantes.	Contiene una descripción básica del procedimiento, pero faltan detalles importantes o no están bien explicados.	Incluye una descripción completa del procedimiento, pero algunos detalles menores faltan o no son claros.	Presenta una descripción detallada y precisa del procedimiento seguido, con todos los pasos claramente explicados.
Presentación de los resultados	Datos mal presentados, confusos o incompletos.	Datos presentados de manera comprensible, pero con errores o faltan algunos elementos.	Datos presentados claramente, pero con algunos errores menores en la presentación.	Datos presentados de manera clara y precisa.
	No aplica las reglas de redondeo ni utiliza notación científica.	Ocasionalmente aplica las reglas de redondeo y expresa algunas medidas en notación científica.	Generalmente aplica las reglas de redondeo y utiliza notación científica de forma correcta.	Expresa todas las medidas en notación científica y utiliza las reglas de redondeo de forma correcta.
	No calcula los errores de medida.	Calcula algunos errores de medida, pero presenta errores graves.	Calcula la mayoría de errores de medida, y puede presentar errores leves.	Calcula todos los errores de medida de manera correcta.
	Los datos no aparecen representados en tablas o gráficas.	Presenta alguna tabla o gráfica básica, con algunos errores graves.	Presenta tablas y/o gráficas con algunos errores leves.	Presenta los resultados utilizando tablas y gráficas de forma correcta.

Tabla 3.1: Rúbrica para la evaluación del informe de resultados de la primera sesión, parte 1 (continúa).



Dimensión / Criterio	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Bueno (2)	Excelente (3)
Ortografía y gramática	La redacción es difícil de seguir, y presenta 5 o más errores de ortografía o puntuación del idioma español, por página.	El texto es coherente, pero presenta entre 1 y 4 errores de ortografía o puntuación del idioma español, por página.	El texto es coherente, pero presenta entre 1 y 4 errores de ortografía o puntuación del idioma español, en total.	El texto es coherente, y respeta las normas gramaticales, de ortografía y puntuación del idioma español.
<b>Conceptuales</b>				
Comprensión de los contenidos	No comprende el concepto de masa ni sabe obtenerla.	Sabe cómo obtener la masa de un objeto pero no comprende el concepto.	Comprende el concepto de masa pero comete errores al obtenerla.	Comprende el concepto de masa y sabe cómo obtenerla sin problema para un objeto dado.
	No comprende el concepto de volumen ni sabe obtenerlo para un objeto dado.	Sabe calcular el volumen de un objeto regular, pero no el de uno irregular, y muestra aspectos que sugieren confusión en el concepto.	Sabe cómo obtener el volumen de objetos regulares e irregulares, pero muestra confusión en algunos aspectos.	Comprende el concepto de volumen y sabe obtenerlo para objetos regulares e irregulares.
	No comprende el concepto de densidad ni sabe cómo obtenerla.	Sabe cómo obtener la densidad a partir de la definición formal, pero muestra confusión en el concepto, atribuyendo a la densidad las características de la masa o el volumen.	Sabe obtener la densidad de un cuerpo y diferencia entre masa, volumen y densidad, pero no tiene en cuenta el efecto de la temperatura o la presión.	Calcula sin problema la densidad para todos los cuerpos y muestra comprensión completa del concepto.
Análisis de los resultados	No presenta un análisis de los resultados ni una discusión y conclusión final, o bien presenta una interpretación incorrecta o confusa de los resultados, con conclusiones inadecuadas.	No presenta un análisis de los resultados, o presenta una interpretación básica de los mismos, y finaliza con una conclusión clara y breve pero poco fundamentada.	Incluye un análisis correcto de los resultados, discute sobre su calidad y considera las limitaciones del procedimiento seguido, pero no incluye una conclusión final, o es adecuada pero poco detallada.	Incluye un análisis detallado de los resultados, haciendo una interpretación precisa y lógica, y finaliza el trabajo con una conclusión clara, correcta y bien fundamentada.

Tabla 3.2: (Continuación) Rúbrica para la evaluación del informe de resultados de la primera sesión, parte 2 (continúa).

Dimensión / Criterio	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Bueno (2)	Excelente (3)
Actitudinales				
Responsabilidad	Entrega fuera de plazo y el trabajo muestra falta de cuidado.	La entrega se ha realizado con cierta demora pero el trabajo demuestra cierta responsabilidad en la realización.	La entrega se ha realizado a tiempo y muestra responsabilidad en la realización del informe.	La entrega se ha realizado en la fecha estipulada y muestra gran responsabilidad y dedicación en la realización del informe.
Trabajo en pareja	Muestra una falta de colaboración y comunicación con el compañero.	La colaboración es adecuada, pero con algunos problemas de comunicación o cooperación.	Se muestra un buen trabajo en equipo, con comunicación efectiva y cooperación en la mayoría de las ocasiones.	Demuestra una excelente colaboración y comunicación con el compañero durante todo el proceso.
Actitud hacia el aprendizaje	Muestra poco interés por el aprendizaje y apenas participa en las actividades.	Muestra interés básico por el aprendizaje, y participa pero con poca iniciativa.	Muestra interés por el aprendizaje y participa activamente en las actividades.	Muestra un gran interés y curiosidad por el aprendizaje, realizando preguntas y buscando profundizar más.

Tabla 3.3: (Continuación) Rúbrica para la evaluación del informe de resultados de la primera sesión, parte 3.



criterio	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Bueno (2)	Excelente (3)
Procedimentales				
Observación	El alumno se limita a señalar la idea principal de la imagen.	El alumno señala entre dos y tres características observables en la imagen.	El alumno detecta todos los detalles relevantes en relación a los contenidos estudiados, pero nada más.	El alumno señala todas las características relevantes en relación a los contenidos estudiados, además de gran cantidad de detalles no necesariamente necesarios para la explicación de la escena.
Reflexión	El alumno no anota ninguno de los detalles observados por sus compañeros.	El alumno anota sólo algunas de las características más relevantes observadas por sus compañeros.	El alumno anota la mayoría de las observaciones hechas por sus compañeros.	El alumno anota todos los detalles observados por sus compañeros.
Exposición grupal	Los alumnos se limitan a contar de forma escueta lo que veían en su imagen, y la explicación de la situación es desordenada e incorrecta.	Los alumnos cuentan de forma escueta la situación de su imagen y dan una explicación breve en relación con el contenido visto, con algunos errores.	Los alumnos narran lo que han visto en su imagen con bastante detalle y dan una explicación de la situación en relación con el contenido visto, con algunas carencias leves.	Los alumnos detallan la imagen que han visto, relacionan lo observado con los contenidos vistos y en base a ello proponen una explicación correcta, incluso relacionándolo con otros contenidos.
Comprensión de los contenidos				
Conceptuales				
	No comprende el principio de Arquímedes ni la relación entre densidad y flotabilidad.	Comprende de forma difusa el principio de Arquímedes, pero no presenta una explicación clara y comete algunos errores importantes.	Comprende el principio de Arquímedes y es capaz de dar una explicación escueta, con algunos errores leves.	Demuestra comprensión del principio de Arquímedes y del papel que juegan las densidades del objeto sumergido y del fluido; es capaz de dar una explicación clara, detallada y adecuada.

Tabla 3.4: Rúbrica para la evaluación de la actividad *El juego de la explicación* de la segunda sesión, parte 1 (continúa).

Criterio	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Bueno (2)	Excelente (3)
Actitudinales				
Trabajo en grupo	Muestra una falta de colaboración y comunicación con los compañeros.	La colaboración es adecuada, pero con algunos problemas de comunicación o cooperación.	Se muestra un buen trabajo en equipo, con comunicación efectiva y cooperación en la mayoría de las ocasiones.	Demuestra una excelente colaboración y comunicación con los compañeros durante todo el proceso.
Actitud hacia el aprendizaje	Muestra poco interés por el aprendizaje y apenas participa en la actividad.	Muestra interés básico por el aprendizaje, y participa pero con poca iniciativa.	Muestra interés por el aprendizaje y participa activamente en la actividad.	Muestra un gran interés y curiosidad por el aprendizaje, realizando preguntas y buscando profundizar más.

Tabla 3.5: (Continuación) Rúbrica para la evaluación de la actividad *El juego de la explicación* de la segunda sesión, parte 2.

Objetivos	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Bueno (2)	Excelente (3)
Contenidos	El titular menciona de forma vaga la densidad, pero denota falta de comprensión de los contenidos vistos.	El titular incluye los conceptos de densidad y flotabilidad de forma escueta, pero presenta algunos errores importantes.	El titular incluye el concepto de densidad y su relación con la flotabilidad de los cuerpos, pero sólo menciona la densidad del objeto sumergido.	El titular muestra dominio de los contenidos vistos, hace alusión explícita a las densidades del objeto sumergido y del fluido y a su relación con la flotabilidad de los cuerpos.
Emplea en su respuesta un lenguaje apropiado, científico y formal.	El lenguaje utilizado es inapropiado y carece de carácter científico y formalidad.	El lenguaje utilizado es apropiado, pero carece de rigor científico y formalidad.	El lenguaje utilizado es apropiado y formal, empleando expresiones sencillas de carácter científico.	El lenguaje utilizado es apropiado, y presenta la cientificidad y formalidad propias de su nivel.

Tabla 3.6: Rúbrica para la evaluación de la actividad *El titular*.

## Capítulo 4

# Conclusiones

A través de la revisión bibliográfica realizada en este Trabajo Fin de Máster, hemos visto cómo está ampliamente constatada la necesidad de reconducir la educación actual: ya no se trata de transmitir contenidos, sino de dotar a los discentes de todas las herramientas necesarias para que consigan ser seres autónomos y autosuficientes en lo que se ha denominado la sociedad del conocimiento. Esta renovación de la educación pasa por enseñar a los estudiantes a pensar, de forma que puedan enfrentarse a la sociedad con ojo crítico, convirtiéndoles en seres capaces de gestionar su propio aprendizaje, preparados para una educación continua y adaptable, lo que fomenta una mayor empleabilidad, productividad, e inclusión social. El desarrollo de estas competencias empodera a los individuos para enfrentar los desafíos globales de manera proactiva y creativa, contribuyendo así a un futuro más sostenible y equitativo.

Hemos centrado el análisis bibliográfico realizado en este TFM en los trabajos de habla hispana publicados en la última década cuyos contenidos incluían los conceptos de *pensamiento visible*, *densidad*, *flotabilidad* y similares, e intentando limitarnos a aquellos focalizados en la educación secundaria. También se incluye la revisión de algunos trabajos anteriores a 2013, referenciados dentro de los artículos principales, y que hemos considerado relevantes para el estudio. Todos los trabajos revisados constatan la necesidad de implementar nuevas dinámicas en la escuela que proporcionen a los estudiantes las capacidades necesarias para encarar la sociedad presente y futura. Para lograr esta adaptación de la escuela moderna, los investigadores del Project Zero han propuesto una serie de pautas o estrategias, denominadas *rutinas de pensamiento*, con el objetivo de que los estudiantes hagan visible su pensamiento, de forma que este pueda

dirigirse y mejorarse para lograr la comprensión de los contenidos presentados. En este trabajo hemos planteado la aplicación de algunas de estas rutinas para trabajar uno de los conceptos físicos que más problemas de comprensión presenta: el concepto de densidad y su implicación en la flotabilidad de los cuerpos. Analizando los distintos niveles de dificultad observados en el alumnado de secundaria para comprender estos conceptos, los cuales están recogidos en los trabajos revisados en este TFM, hemos desarrollado una propuesta educativa que combina el aprendizaje basado en problemas con las rutinas de pensamiento. De esta manera, hemos trabajado el segundo objetivo planteado en este TFM, diseñando una serie de actividades destinadas a trabajar el concepto de densidad y el papel que juega en la flotabilidad, de acuerdo al currículo establecido para el cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria en Castilla y León. Las actividades ideadas también proporcionan al docente las herramientas necesarias para una evaluación por competencias, de acuerdo a la ley educativa actual. La propuesta educativa no ha podido ser llevada a la práctica en un centro de educación secundaria durante el curso 2023-24, para poder valorar y evaluar la eficacia de la misma.

## Capítulo 5

# Impacto potencial, limitaciones y trabajos futuros

Las propuestas del enfoque del pensamiento visible tienen el potencial de cambiar y adaptar la enseñanza en la escuela a las necesidades de la sociedad actual. Todas las rutinas de pensamiento ideadas están perfectamente estructuradas e incluyen indicaciones para guiar al docente para su correcta aplicación, incluyendo posibles obstáculos, errores frecuentes, experiencias de otros profesionales, y ejemplos de aplicabilidad a distintas materias. No suponen un esfuerzo de tiempo y dedicación superior al que ya requiere la escuela tradicional, sino que sólo implican adaptar las rutinas existentes para adecuarlas a las nuevas necesidades. Esta nueva forma de trabajar no sólo logrará en los discentes la comprensión de los contenidos del currículo, sino que les proporcionará las herramientas clave para estructurar su pensamiento en todos los aspectos, convirtiéndoles en ciudadanos más implicados, empáticos, colaborativos, críticos y sensibilizados con el resto de la sociedad.

Queremos destacar que el enfoque del pensamiento visible implica la utilización de rutinas de pensamiento a lo largo de todo el curso escolar. La propuesta educativa que presentamos no tiene sentido como actividad aislada, cuya temática esté completamente diferenciada del resto de actividades del curso. Las rutinas de pensamiento se benefician de un uso continuado, y todas las materias y contenidos pueden enseñarse utilizando las pautas indicadas por los investigadores del pensamiento visible.

Dejamos planteado de cara a trabajo futuro la puesta en práctica de la propuesta educativa

planteada, para poder evaluar su eficacia frente a otros métodos de enseñanza como puede ser el tradicional basado en una clase magistral combinada con seminarios de problemas. Además, podría diseñarse la unidad didáctica centrada en las fuerzas en los fluidos completa en base al enfoque del pensamiento visible. Finalmente, al hilo de las limitaciones presentadas en el párrafo anterior, proponemos como trabajo futuro la confección de una programación didáctica de la asignatura de Física y Química del cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria en la que se trabajen los contenidos según el enfoque del pensamiento visible.

# Lista de referencias

- Aguerrondo, I. (1999). El nuevo paradigma de la educación para el siglo. *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.
- Aranda-Cuerva, E., & Pérez-Martín, J. M. (2021). Análisis de la enseñanza de procedimientos científicos en educación infantil: la flotabilidad para el desarrollo de destrezas científicas en un aula de 5 años. *M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Herráez Sánchez, Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)*, 29-37.
- Barrows, H. (2002). Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Education*, 23(1), 119-122.
- Bermúdez, H. M., & López, Y. P. (2022). El uso de metodologías de aprendizaje activo para fomentar el desarrollo del pensamiento visible en los estudiantes de bachillerato de UEF Víctor Naranjo Fiallo. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(1), 43-57.
- Bravo-Cobeña, G., & Viguera-Moreno, J. (2021). Metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del idioma inglés en Bachillerato. *Polo del Conocimiento*, 6 (2), 464-482.
- Bullejos de la Higuera, J., & Sampedro Villasan, C. (1990). Diferenciación de los conceptos de masa, volumen y densidad en los alumnos de BUP, mediante estrategias de cambio conceptual y metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 031-36.
- Carmona, D., Rodas-Rodríguez, J. M., & Ruiz-Ortega, F. J. (2021). Argumentación y aprendizaje del concepto densidad. *Argumentación y aprendizaje en el aula de ciencias. Implementación de unidades didácticas en educación básica y secundaria*, 205.
- Díaz, R. P. (2017). *Aprendizaje de propiedades elementales de la materia: volumen, masa y densidad, en estudiantes de ESO* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla].

- Fraile, M. N., Morrás, J. E., Zulet, A., Cervera, L. S., & Murillo, J. I. (2018). Estrategias del alumnado de Educación Secundaria para estimar la densidad. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 61-78.
- Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, 1(27), 1-17.
- González, R. P., Martín, N. G., & Encinas, M. C. (2017). Innovación educativa mediante el uso de metodologías activas y estrategias de pensamiento visible en la formación inicial del profesorado. *Temas actuales de investigación*, 93.
- Gros, B. (2015). La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes/The fall of the walls of knowledge in the digital society and the emerging pedagogies. *Teoría de la Educación*.
- Han, B.-C., Arregi, A. S., & Ciria, A. (2012). *La sociedad del cansancio*. Herder Barcelona.
- 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.
- Housen, A., Yenawine, P., & Arenas, A. (1991). Visual thinking curriculum. *Unpublished but used for research purposes*.
- Hsin, C.-T., & Wu, H.-K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 656-666.
- Ignjatov, J. S., & García, A. M. (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), 22.
- Jensen, E. (2005). *Teaching with the brain in mind*. ASCD.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., et al. (2014). Cooperative Learning in 21st Century.[Aprendizaje cooperativo en el siglo XXI]. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 841-851.
- Jordán, O. R. C., González-Martí, I., & Gil-Madróna, P. (2019). La dificultad de la implementación de una enseñanza por competencias en España. *Education Policy Analysis Archives*, 27, 121-121.
- Joung, Y. J. (2009). Children's typically-perceived-situations of floating and sinking. *International Journal of Science Education*, 31(1), 101-127.
- Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. Guérin,



- March, A. F. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24, 35-56.
- Marín-Díaz, V. (2018). ¿ El poder de la gamificación educativa? The power of educational gamification? *Edmetic*, 7(2), I-IV.
- Martín, N. G., González, R. P., Rapp, C. V., & Puente, C. G. (2017). Metodologías activas y pensamiento visible en educación. *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo*, 2017, 895-901.
- Morales, M. Y., & Uribe, I. R. (2015). Hacer visible el pensamiento: alternativa para una evaluación para el aprendizaje. *Infancias imágenes*, 14(2), 89-100.
- Palacios-Díaz, R., & Criado, A. M. (2017). Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(2), 51-70.
- Palacios-Díaz, R., & Criado García-Legaz, A. M. (2016). Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 230-247.
- Perkins, D. (1997). ¿ Cómo hacer visible el pensamiento. *Artículo publicado por la Escuela de Graduados de la Universidad de Harvard. Traducido por Patricia León y María Ximena Barrera*, 1-4.
- Perkins, D., & Ritchhart, R. (2003). Making thinking visible. *New horizons for learning*, 8.
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory.
- Pinto Cañón, G., Alonso Felipe, J. V., & Prolongo Sarria, M. L. (2017). Química y física de algunos efectos especiales en cinematografía: Una propuesta educativa y para la divulgación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 427-441.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.
- Puente, C. G., & Bartolomé, A. M. (2022). Visibilizar el pensamiento a través de la enseñanza de las ciencias experimentales en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 19(1), 120101-120121.
- Quirós-Alpera, S., & Gallego-Díaz, A. (2024). Pensamiento Visible en el Aula de Física y Química: el concepto de Densidad. <https://www.youtube.com/watch?v=6pINeSDvCJ8>

- Ramírez, J. J. V. (2015). *Aprendo porque quiero: El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso: El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso* (Vol. 10). Ediciones SM España.
- Raviolo, A., Moscato, M., & Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(2), 93-103.
- Ritchhart, R. (2015). *Creating cultures of thinking: The 8 forces we must master to truly transform our schools*. John Wiley & Sons.
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento*. Buenos Aires: Paidós.
- Sánchez, M. C., & Araya, R. G. (2012). Desafíos de la educación en la sociedad actual. *Revista electrónica Diálogos educativos*, (24), 55-69.
- Shayer, M., Adey, P., & Cameno, A. (1984). *La ciencia de enseñar ciencias: desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Narcea.
- Silva Quiroz, J., & Maturana Castillo, D. (2017). Una propuesta de modelo para introducir metodologías activas en educación superior. *Innovación educativa (México, DF)*, 17(73), 117-131.
- Slisko, J. (2005a). Errores en los libros de texto de física: ¿cuáles son y por qué persisten tanto tiempo? *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, (27), 13-23.
- Slisko, J. (2005b). 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.
- Slisko, J., et al. (2006). Sacándole más jugo al problema de la corona. Segunda parte: el tratamiento cuantitativo.
- Tishman, S., & Palmer, P. (2005). Visible thinking. *Leadership compass*, 2(4), 1-3.
- Villamor, J. D. V., & Rey-Baltar, D. Z. (2015). El impacto de la fusión de los icebergs en el nivel del mar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 178-185.
- Wagner, T. (2014). *The Global Achievement Gap: Why Our Kids Don't Have the Skills They Need for College, Careers, and Citizenship—and What We Can Do About It*. Hachette UK.