



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Propuesta de intervención para el uso de las metodologías de aprendizaje basado en problemas e investigación dirigida en el bloque 2 de Física y Química de 2º de ESO

Presentado por: José Miguel Caamaño Castro

Tipo de trabajo: Propuesta de intervención

Director/a: María José Cuetos Revuelta / Alicia Palacios

Ciudad: Vilagarcía de Arousa

Fecha: 26/12/2019

Resumen

Existe un consenso en el ámbito educativo respecto a la falta de interés que muestran los estudiantes españoles hacia el aprendizaje de ciencias en la etapa de secundaria. Esta apatía hacia materias como física y química ocasiona que muchos discentes, cuando deben elegir, den la espalda a los currículos científicos, con el perjuicio que esto ocasiona a una sociedad que cada vez demanda más perfiles científicos. Para paliar este problema se han desarrollado nuevas metodologías que ponen el foco en el alumno como constructor de su propio aprendizaje. Ejemplo de esto son las metodologías de aprendizaje basado en problemas (ABP) e investigación dirigida. Otro aspecto importante con el que despertar el interés de los alumnos es el uso de un enfoque basado en las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), o de un enfoque histórico. En esta propuesta de intervención se desarrollan una serie de actividades basadas en las metodologías de ABP e investigación dirigida, que buscan despertar el interés de los estudiantes mediante un enfoque CTSA e histórico. Para ello, los discentes adoptarán los roles de ingeniero de diseño e investigador científico, al tiempo que se prepara un hilo común cercano a su realidad, el tren. La propuesta va dirigida al aprendizaje de contenidos del bloque 2 —"la materia"—, de física y química del 2º curso de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Este curso supone el primer encuentro con la materia de física y química para los estudiantes españoles, y por tanto es clave para despertar su motivación hacia el aprendizaje de ciencias. Una vez realizado el diseño y evaluación de la propuesta, se puede concluir que la combinación de las metodologías elegidas y los enfoques CTSA e histórico contribuye a despertar el interés de los alumnos hacia las ciencias.

Palabras clave: *física y química, Aprendizaje Basado en Problemas, investigación dirigida, Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente, enfoque histórico.*

Abstract

There is a consensus in the educational field regarding the lack of interest shown by Spanish students towards the learning of science in the secondary stage. This apathy towards subjects such as physics and chemistry causes many students to turn their backs on scientific curricula when they have to choose, with the damage that this causes to a society that increasingly demands more scientific profiles. To solve this problem, new methodologies that focus on the student as a builder of their learning have been developed. For instance, methodologies such as problem-based learning (PBL) and guided research. On the other hand, using the interactions between science, technology, society and environment (STSE), or using a historical approach, have been noticed to be valuable strategies to awaken the interest of the students in sciences. This intervention proposal develops a series of activities based on PBL and guided research methodologies, which seek to arouse the interest of students using a STSE and historical approach. Students will adopt the roles of design engineers and scientific researchers while working on a common thread close to their reality, the train. The proposal is aimed at learning the contents of block 2 (i.e. the matter) of the subject of physics and chemistry of the 2nd year of the obligatory secondary education (OSE). This course is the first encounter of the Spanish students with the subject of physics and chemistry, and therefore it is key to arouse their motivation towards learning science. With the design and evaluation of the proposal completed, it can be concluded that the combination of these methodologies and approaches, helps to arouse the interest of the students in science.

Keywords: *physics and chemistry, Problem Based Learning, guided research, Science Technology Society and Environment, historical approach.*

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	Justificación	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
2	Marco Teórico.....	4
2.1	La metodología de ABP y su uso en la enseñanza de ciencias	4
2.2	La metodología de investigación dirigida y su uso en la enseñanza de ciencias	6
2.3	La comunión entre las metodologías de ABP e investigación dirigida	10
2.4	Uso del enfoque histórico y CTSA en la enseñanza de ciencias	12
3	Propuesta de Intervención	15
3.1	Presentación de la propuesta	15
3.2	Contextualización de la propuesta	15
3.3	Intervención en el aula.....	16
3.3.1	Objetivos	16
3.3.2	Competencias.....	18
3.3.3	Contenidos	19
3.3.4	Metodología	20
3.3.5	Temporalización	22
3.3.6	Recursos.....	22
3.3.7	Actividades.....	23
3.3.8	Evaluación	38
3.4	Evaluación de la propuesta	46
4	Conclusiones.....	51
5	Limitaciones y prospectiva	54
6	Referencias bibliográficas	55
7	Anexos	59
7.1	Anexo 1	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pasos para la planificación de la metodología ABP.....	5
Tabla 2. Ruta a seguir por los estudiantes durante el desarrollo del proceso ABP.....	5
Tabla 3. Aspectos necesarios para la metodología de investigación dirigida.....	8
Tabla 4. Factores que provocan la falta de adhesión a la orientación de las prácticas de laboratorio como investigaciones:	10
Tabla 5. Rasgos comunes entre ABP e investigación dirigida:.....	11
Tabla 6. Valoración del material.....	27
Tabla 7. Ficha de la actividad 1	27
Tabla 8. Ficha de la actividad 2	31
Tabla 9. Ficha de la actividad 3	34
Tabla 10. Ficha de la actividad 4.....	37
Tabla 11. Tabla de objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias que se trabajan en la intervención	39
Tabla 12. Escala de valoración para las actividades 1 y 2 (metodología ABP).....	42
Tabla 13. Rúbrica para las actividades 1 y 2.....	43
Tabla 14. Escala de valoración para las actividades 3 y 4 (metodología de investigación dirigida)	44
Tabla 15. Rúbrica para las actividades 3 y 4	45
Tabla 16. Escala de valoración para la práctica docente de las actividades 1 y 2.	47
Tabla 17. Escala de valoración para la práctica docente de las actividades 3 y 4.	48
Tabla 18. Encuesta de satisfacción para la evaluación de los estudiantes de las actividades 1 y 2.	49
Tabla 19. Encuesta de satisfacción para la evaluación de los estudiantes de las actividades 3 y 4.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema simple del funcionamiento de una bandeja al soportar distintos pesos representados por las flechas. Fuente: elaboración propia.	24
Figura 2. Esquema simple del funcionamiento de una bandeja reclinable al soportar distintos pesos representados por las flechas. Fuente: elaboración propia.	25

1 Introducción

1.1 Justificación

En las últimas décadas, son muchas las mejoras en la enseñanza-aprendizaje que se han desarrollado en el mundo de la educación en ciencias. Ejemplo de esto son la incorporación en el aula de nuevas metodologías como el aprendizaje basado en problemas (en adelante ABP) (Villalobos, Ávila y Lizett, 2016) o la investigación dirigida (Martínez, Blanco, Menargues y Guadarrama, 2012); y la introducción en las aulas de las tecnologías de la información y de la comunicación (en adelante TIC) (García-Valcárcel, Basilotta y López, 2014) y de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (en adelante CTSA) (Meroni, Copello y Paredes, 2015).

En paralelo a esto, la legislación en educación ha avanzado en la introducción de conceptos como el aprendizaje basado en competencias. En este sentido, la publicación de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (en adelante LOMCE), actualmente en vigor, pone precisamente el énfasis en un modelo de currículo basado en competencias. El aprendizaje basado en competencias, como se indica en el artículo de Villalobos et al. (2016), permite el desarrollo de la autonomía del alumno y de su capacidad de decisión, promoviendo el pensamiento intelectual, analítico y crítico. Esto da lugar a que se logren aprendizajes realmente significativos.

Estas aparentemente buenas noticias contrastan con los resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (en adelante PISA), que en el año 2015 dedicaba su estudio a la enseñanza de ciencias, demostrando la existencia de un problema que afecta tanto a España como a muchos otros países de la OCDE. Esto es, el creciente desinterés que los estudiantes de secundaria tienen hacia el estudio en ciencias y más concretamente hacia la Física y Química (OCDE, 2016). Esta llamada crisis en la educación de las ciencias tiene diferentes causas, entre las que se incluyen el que en general la educación en ciencias es propedéutica y que existe un fuerte contraste entre la ciencia de los libros de texto y la ciencia de la vida cotidiana (Vázquez-Alonso, Acevedo-Díaz y Manassero, 2005). Esta visión propedéutica se convierte en un freno a la alfabetización científica de la gran mayoría de alumnos, favoreciendo aún más si cabe la aversión al gusto y aprendizaje por las ciencias (Vázquez-Alonso et al., 2005).

Solbes, Montserrat y Furió (2007) ahondan en esta desconexión entre ciencia y sociedad, señalando las que creen principales causas del desinterés de los alumnos de secundaria por la ciencia. Entre ellas, estos autores señalan que existe una valoración negativa de las ciencias y principalmente de la Física y Química. Los alumnos piensan que se trata de asignaturas aburridas, alejadas de su vida cotidiana, con pocas posibilidades de éxito y sin futuro profesional (en muchos casos los científicos están incluso relacionados con estigmas negativos, como la contaminación o la guerra). Además, inciden en que, a pesar de que se han desarrollado un gran número de innovaciones en la educación en ciencias, estas apenas llegan a la realidad cotidiana, donde el sistema de enseñanza tradicional sigue imperando, probablemente porque los propios profesores tienen asumido el carácter propedéutico de las materias de Física y Química.

Por fortuna, el artículo de Solbes et al. (2007) nos da al mismo tiempo las claves para superar esta situación. Al ser preguntados los alumnos sobre qué actividades aumentarían su interés en el aprendizaje de las ciencias, estos responden más trabajo en el laboratorio, y la utilización de las relaciones CTSA y de la historia de la ciencia. Estas respuestas están en total acuerdo con la Didáctica de las ciencias y sus líneas de investigación.

1.2 Planteamiento del problema

Como se ha visto en el apartado anterior, existe un consenso en la comunidad educativa acerca del desinterés que muestran los estudiantes por la Física y Química. En el trabajo que aquí se presenta se planteará una propuesta de intervención para la enseñanza de contenidos del bloque 2 del currículo de Física y Química en 2º de Educación Secundaria Obligatoria (en adelante ESO). La intención de la propuesta es ofrecer una alternativa metodológica que permita despertar el interés de los alumnos por los estudios de Física y Química. Para ello se tendrán en cuenta los consejos de Solbes et al. (2007).

La idea central detrás de la propuesta es dar nuevos roles a los estudiantes, convirtiéndolos en científicos que deben resolver un problema. Mediante su viaje por las diferentes actividades, los alumnos se acercarán a la ciencia en la vida real, descubriendo la Física y Química como algo cercano y útil. Además se pretende dar un enfoque histórico y CTSA a las actividades, que serán cuestiones abiertas en las que además del criterio técnico se presentarán otros criterios similares a los que se

enfrentan los científicos e ingenieros en su día a día, como son los económicos, medioambientales y éticos.

La elección del curso de 2º de ESO no es baladí. La asignatura de Física y Química de este curso es el primer contacto con esta materia que tienen los estudiantes. Hasta ese momento, durante la educación primaria, no existe una asignatura específica de Física y Química, quedando sus contenidos diluidos en una única asignatura que engloba a las ciencias naturales, según lo dispuesto en el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Es por tanto clave actuar en esta primera etapa para lograr así que no se pierdan posibles vocaciones científicas, y sobre todo, contribuir a lograr la alfabetización científica de la sociedad (Furió-Mas et al., 2001).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar una propuesta de intervención educativa para el uso de las metodologías de ABP e investigación dirigida en el bloque 2 de Física y Química de 2º de ESO, que tenga en cuenta un enfoque histórico y CTSA para lograr despertar el interés del alumnado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las ventajas e inconvenientes de las metodologías ABP e investigación dirigida.
- Desarrollar una serie de actividades que sigan las metodologías ABP e investigación dirigida para su implementación en el bloque de 2 de la materia Física y Química de 2º de ESO.
- Realizar la evaluación de las actividades ideadas en la propuesta.

2 Marco Teórico

2.1 La metodología de ABP y su uso en la enseñanza de ciencias

La metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) tiene su origen en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster (Canadá). Fue concebida para lograr que los estudiantes de medicina desarrollasen ciertas habilidades importantes para la solución de problemas médicos, mediante un proceso que sus creadores llamaron Razonamiento Hipotético Deductivo (Morales y Landa, 2004). El éxito demostrado por esta propuesta innovadora permitió que la metodología ABP se extendiese, primero por otras facultades de medicina, y después por otras enseñanzas universitarias tan dispares como enfermería (González-Hernando, Martín-Villamor, Souza, Martín-Durántez y López-Portero, 2016) o geografía (Latasa, Lozano y Ocerinjauregi, 2012).

En esencia, y como definió Barrows en 1986 (citado por Morales y Landa, 2004), el ABP es "un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos" (p. 147). Al ahondar poco a poco en esta definición se pueden discernir algunas de las características que hacen del ABP una metodología innovadora tan interesante. De esta forma, el punto de partida de la metodología es el planteamiento de un problema. Como se apunta en la citada revisión de Morales y Landa (2004), este problema ha de ser complejo y retador, y tiene como objetivo desencadenar el aprendizaje auto-dirigido de los alumnos. Para esto los discentes se organizan en pequeños grupos para colaborar en la solución del problema. El rol del profesor es el de facilitador del aprendizaje, y son los alumnos quienes, a partir del problema planteado y de sus ideas previas, construyen autónomamente su aprendizaje.

Antes de comenzar a implementar la metodología ABP, el docente debe trabajar concienzudamente en su planificación. En este sentido, Morales y Landa (2004) resumen esta planificación en los siguientes pasos que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Pasos para la planificación de la metodología ABP.

1. Definición de los objetivos de aprendizaje
2. Definición del tiempo de duración de la experiencia
3. Determinación de la forma de evaluación de las actividades
4. Construcción del problema retador
5. Diseño de las estrategias de aprendizaje

Fuente: elaboración propia a partir de Morales y Landa (2004)

Según estos mismos autores, se podría sintetizar la ruta a seguir por los estudiantes durante el desarrollo del proceso ABP mediante la Tabla 2:

Tabla 2. Ruta a seguir por los estudiantes durante el desarrollo del proceso ABP.

Paso 1: Leer y analizar el escenario del problema
Paso 2: Realizar una lluvia de ideas
Paso 3: Hacer una lista de aquello que se conoce
Paso 4: Hacer una lista de aquello que se desconoce
Paso 5: Hacer una lista de aquello que necesita hacerse para resolver el problema
Paso 6: Definir el problema
Paso 7: Obtener información
Paso 8: Presentar resultados

Fuente: elaboración propia a partir de Morales y Landa (2004)

Desde el punto de vista de la psicología cognitiva y las teorías de educación modernas, conviene destacar que uno de los grandes méritos de la metodología ABP es, como apunta Esteban (2011), el de integrar las perspectivas piagetiana y vygotskiana. En este sentido, el problema funciona como un conflicto cognitivo, que según Piaget (citado por Morales y Landa, 2004) produce un desequilibrio que permite al discente conseguir aprendizajes significativos en su búsqueda de la recuperación del equilibrio. Por otra parte, el trabajo colaborativo en grupos y la figura del profesor como facilitador del aprendizaje permiten que el ABP consiga la actualización de la Zona de Desarrollo Próximo de la teoría de Vigotsky.

Para que la metodología ABP sea efectiva, el diseño del problema debe garantizar el interés de los estudiantes, siendo por tanto esencial que se relacione con los objetivos del curso, pero también con situaciones de la vida real (Morales y Landa, 2004). De esto se deduce la conveniencia de implementar un enfoque CTSA en el diseño del problema.

En la bibliografía encontramos un gran número de ejemplos de la aplicación del ABP en carreras universitarias de diferentes ramas del saber. Los resultados obtenidos en los estudios muestran un patrón común que trasciende al área de conocimiento en el que se ensaye. Por ejemplo, los estudios de González-Hernando et al. (2016) en enfermería, o Latasa et al. (2012) en geografía, muestran cómo la aplicación de la metodología ABP consigue lograr aprendizajes más profundos y autónomos, incrementar la motivación del alumnado, mejorar competencias relacionadas con el trabajo en equipo y la colaboración entre estudiantes. Sin embargo, estos estudios también observan ciertos inconvenientes a la hora de aplicar el ABP en la práctica, siendo el fundamental la mayor carga horaria de trabajo que implica.

En cuanto a la enseñanza secundaria en ciencias, Villalobos et al. (2016), estudiaron en la práctica la implementación del ABP en la asignatura de Química de una escuela de secundaria mejicana. Los resultados de su estudio demuestran que las ventajas del ABP son trasladables de la educación universitaria a la educación secundaria de ciencias. Además de los consabidos efectos positivos en la motivación del alumno, el trabajo colaborativo y la consecución de aprendizajes autónomos y profundos, los autores, destacan que mediante la aplicación del ABP se logró favorecer el desarrollo del pensamiento crítico, promoviendo las habilidades de evaluación y autorregulación.

2.2 La metodología de investigación dirigida y su uso en la enseñanza de ciencias

Conviene aquí, antes de introducir el concepto de investigación dirigida, realizar un breve análisis describiendo lo que la bibliografía consultada dice acerca de los trabajos prácticos en la enseñanza de ciencias y más concretamente de física y química.

Tradicionalmente, el alumnado ha visitado el laboratorio con el fin de adquirir las habilidades y destrezas para el uso de aparatos de medición y métodos de tratamiento de datos, con el objetivo final de comprobar experimentalmente conceptos científicos introducidos previamente por el docente en clase. Es lo que Caamaño (1992) presenta como "paradigma de enseñanza por transmisión".

Este sistema tradicional convierte a las prácticas de laboratorio en simples "recetas" (Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés, 2006), mediante las cuales los estudiantes tan sólo aprenden a usar aparatos y recoger datos, quedando fuera aprendizajes

esenciales para la construcción del conocimiento científico como son el planteamiento de hipótesis y el diseño de experimentos.

En general, toda la bibliografía consultada, como la citada en los párrafos anteriores, rechaza el método tradicional y su carácter de receta. Así por ejemplo, Vásquez, Becerra e Ibáñez (2013) advierten que numerosos estudios se contraponen al sistema tradicional en el laboratorio, ya que a su juicio, las ciencias experimentales deben buscar, no sólo una comprensión de los conceptos teóricos de las materias, sino también, que el alumnado se aproxime al pensamiento científico, el cual implica una metodología de trabajo particular, el método científico. Por su parte, Martínez et al. (2012) reflexionan sobre la necesidad del cambio de paradigma en las prácticas de laboratorio, y concluyen que las prácticas son un problema vigente desde el punto de vista didáctico. Para solucionarlo apuntan la necesidad de superar concepciones empiristas y teóricas sobre la ciencia, integrando las prácticas de laboratorio dentro de la actividad de enseñanza de ciencias.

A lo largo de las últimas décadas han sido muchos los intentos por desarrollar metodologías que corrigiesen los defectos del sistema tradicional de prácticas. Caamaño, en su artículo de 1992, repasa la relación entre los trabajos prácticos y los modelos didácticos, observándose una progresión continua. Así por ejemplo, durante los años setenta se abogó por el *paradigma del descubrimiento orientado*, donde el profesor guiaba al alumnado en actividades de descubrimiento. Al mismo tiempo, surgió una alternativa a esta metodología más autónoma, en la que no se concedía tanta importancia a las conclusiones conceptuales a las que había que llegar sino al propio proceso de investigación (*paradigma del descubrimiento autónomo*). Más aún, otra visión centraba sus objetivos en que los estudiantes adquiriesen los procesos de la ciencia (todo lo referido con el método científico) sin importar los contenidos conceptuales concretos sobre los que se trabajaba (*paradigma de la ciencia de los procesos*).

Todas estas metodologías, englobadas en lo que se dio en denominar "aprendizaje por descubrimiento", tuvieron según Moya, Chaves y Castillo (2011) escasa aplicación práctica, ya que los docentes llevaron la metodología al extremo, dejando a los estudiantes solos, sin ninguna mediación a la hora de hacer ciencia.

Como señala de nuevo Caamaño (1992), el surgimiento en la educación en ciencias de una visión constructivista, que da gran importancia a las ideas previas sobre las que construir conocimiento, puso en cuestión la metodología de aprendizaje por

descubrimiento. Según los críticos, no se trataba de descubrir sino de construir conocimiento a partir de las ideas previas, la interacción con los demás y el propio proceso de investigación (aplicación del método científico).

Finalmente, conviene señalar la importancia no menor que el docente ha ido adquiriendo en el desarrollo de los trabajos de prácticas, ya que como señala Pozo (1990, citado por Caamaño, 1992), el profesor debe servir también como fuente de teorías alternativas a las propuestas por los alumnos, para de este modo facilitar en ellos el cambio conceptual cuando los experimentos les provoquen el rechazo de sus ideas previas incorrectas.

En la actualidad, como señala Carrascosa et al. (2006), existe un amplio consenso en torno a la conveniencia de orientar las prácticas de laboratorio como actividades investigadoras, o lo que es lo mismo, en trabajar bajo una metodología de investigación dirigida. Para ello, estos autores apuntan a que se debe dejar de pensar en las prácticas como actividades puramente "experimentales" e integrar en el concepto a todo lo que se relaciona con la actividad científica. En su artículo defienden que para lograr una orientación investigativa del aprendizaje de ciencias, y más concretamente, de las prácticas, se deben conseguir los aspectos que se resumen en la Tabla 3:

Tabla 3. Aspectos necesarios para la metodología de investigación dirigida

1. Presentar situaciones problemáticas abiertas, susceptibles de ser transformadas en problemas precisos por los estudiantes.
2. Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre las situaciones propuestas, incluyendo las posibles implicaciones CTSA.
3. Potenciar los análisis cualitativos, que ayuden a aclarar y acotar las situaciones planteadas.
4. Plantear la generación de hipótesis como la actividad central de la investigación científica.
5. Conceder importancia a la elaboración de diseños (incluyendo la dimensión tecnológica) y a la planificación de la actividad experimental por los estudiantes.
6. Plantear el análisis detenido de los resultados, favoreciendo la "autoregulación" del trabajo de los alumnos.
7. Plantear la consideración de posibles perspectivas y las implicaciones CTSA del estudio realizado.
8. Pedir un esfuerzo de integración para situar el estudio realizado en la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos y su contribución a otros campos.

9. Conceder importancia a la realización de memorias científicas que reflejen el trabajo realizado y sirvan de base para entender los aspectos comunicativos y de debate en la ciencia actual.

10. Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico, organizando equipos de trabajo y facilitando la colaboración entre equipos.

Fuente: elaboración propia a partir de Carrascosa et al. (2006)

En la investigación dirigida los estudiantes son tratados como "investigadores noveles". Por tanto no son investigadores autónomos, sino que trabajan replicando investigaciones ya realizadas con la dirección del profesor, que actúa como experto y conocedor de esas investigaciones (Furió y Guisasola, 2001).

La investigación dirigida tiene como propósito que el estudiante construya su propio conocimiento a partir de problemas que surgen en el contexto cotidiano (Gil, 1991, citado por Vázquez et al., 2013). El hecho de contextualizar las investigaciones en los problemas cotidianos, logra como consecuencia una implicación alta de los alumnos (Caamaño, 1992). En este sentido, la investigación dirigida logra dar a la ciencia una aplicabilidad cotidiana (Moya et al., 2011) que despierta el interés de los discentes.

Otra ventaja de la investigación dirigida es su evidente contribución para lograr en el alumnado competencias que les permitan desarrollar una visión objetiva, un pensamiento lógico, a ser críticos, y a desarrollar habilidades para aprender por sí mismos durante toda su vida y no sólo durante su periodo escolar. Además permite fomentar la integración en el aula y la multidisciplinaridad con otras ramas del conocimiento (Moya et al, 2011).

En cuanto a las desventajas de la investigación dirigida, Moya et al (2011) señalan que debe tenerse cuidado ya que aunque esta metodología puede ser muy útil para unos temas, puede también ser contraproducente para otros. La investigación dirigida exige un gran esfuerzo, que en ocasiones ni los docentes ni los alumnos están dispuestos a afrontar. Además el tiempo para su aplicación es bastante amplio, y puede ocurrir que la explicación del fenómeno no llame la atención del alumnado.

Así mismo, existen una serie de factores que explican el porqué de que todavía en la actualidad exista una falta de adhesión a la orientación de las prácticas de laboratorio como investigaciones. Se expone en la Tabla 4 un resumen de información sobre esta cuestión contenida en el artículo de Caamaño (1992):

Tabla 4. Factores que provocan la falta de adhesión a la orientación de las prácticas de laboratorio como investigaciones:

<p>1. Factores relativos a las concepciones de los profesores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visión excesivamente científicista de las actividades. • Visión inductivista sobre la metodología científica fuertemente arraigada. • Visión excesivamente atomística del aprendizaje de los procesos.
<p>2. Factores relativos al planteamiento que se ha hecho:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planteamientos excesivamente simplificados para estudiantes que son investigadores noveles. • Planteamientos ligados exclusivamente a investigaciones teóricas. • Planteamientos que no tienen en cuenta la situación de partida actual para conseguir un cambio de paradigma gradual.

Fuente: elaboración propia a partir de Caamaño (1992)

Existen numerosos artículos mostrándonos aplicaciones prácticas de la metodología de investigación dirigida en la enseñanza de ciencias:

Caamaño (2002), por ejemplo, detalla como transformar una serie de prácticas de laboratorio tradicionales de física y química de ESO y bachillerato en investigaciones. Carrascosa et al. (2006) por su parte, describen minuciosamente en su artículo como transformar la práctica tradicional de caída de graves en una investigación. Martínez et al. (2012) hacen lo propio al describir como transformar en una investigación la práctica tradicional del estudio de la velocidad de reacción.

Otros artículos, como el de Vásquez et al. (2013) analiza los resultados obtenidos al aplicar la metodología de investigación dirigida en un caso real. En concreto este estudio se desarrolló con alumnos del último curso de un colegio público en Bogotá (Colombia), donde se utilizó la metodología de investigación dirigida para el tema de la contaminación química del agua. Los resultados mostraron una mejora en las competencias científicas desarrolladas por los estudiantes.

2.3 La comunión entre las metodologías de ABP e investigación dirigida

A la vista de lo introducido en los apartados anteriores, se puede atisbar una relación entre ambas metodologías presentadas, que pretenden la construcción del conocimiento por el propio alumno. En el artículo de revisión sobre la metodología ABP de Morales y Landa (2004), se hace referencia de manera recurrente a la palabra investigación. Este concepto, el de investigación, está íntimamente ligado a

la esencia del ABP. Así, estos autores presentan los pasos para la resolución del problema como una "investigación". Más aún, en su trabajo presentan los esquemas de instrucción que puede tomar el ABP bajo los siguientes epígrafes:

- Investigación dirigida por el docente del curso.
- Investigación dirigida por el docente y los alumnos.
- Investigación dirigida por los alumnos.

Es por tanto destacable la facilidad con que la metodología ABP y los trabajos de laboratorio se pueden combinar para conseguir una sinergia en los objetivos educativos, como demuestra Llorens (2010). Ese autor analiza las implicaciones de la introducción de la metodología ABP como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. Por tanto, se pueden observar numerosos rasgos comunes entre la metodología ABP y la de investigación dirigida, que se resumen en la Tabla 5:

Tabla 5. Rasgos comunes entre ABP e investigación dirigida:

Parten de una exploración inicial del problema
Constan de una etapa de generación de hipótesis y otra de búsqueda de información
Exigen un análisis crítico de los resultados
Contextualizan la ciencia y buscan un enfoque CTSA
Los discentes se organizan cooperando en pequeños grupos de trabajo

Fuente: elaboración propia.

Según indica Gil (1993) citado por Llorens (2010), "el ABP puede constituir un marco privilegiado para desarrollar un aprendizaje concebido como investigación dirigida".

Como ejemplos de la aplicación en la práctica de esta comunión entre ABP e investigación dirigida tenemos los artículos de Sanmartín y Lloret (2016), y López (2017). En la propuesta de Sanmartín y Lloret (2016), los alumnos trabajan primero mediante una metodología ABP para diseñar un proyecto de investigación teórico que luego deben desarrollar en la práctica en el laboratorio. Por su parte, López (2017) realiza una propuesta parecida según la cual los conocimientos teóricos son pasados a la práctica en el laboratorio mediante una metodología ABP. Gracias a esta estrategia, López (2017) constata como los trabajos prácticos con metodología ABP logran mejoras en la visión de los estudiantes hacia las ciencias, en la

apropiación de los conceptos teóricos; y en la comprensión y uso del lenguaje científico.

2.4 Uso del enfoque histórico y CTSA en la enseñanza de ciencias

En la introducción de este trabajo se señaló como el excesivo carácter propedéutico de la educación tradicional en ciencias ha ocasionado graves problemas en la alfabetización científica de la sociedad (Vázquez-Alonso et al., 2005). Una posible solución para evitar la desconexión entre ciencia y alumnado es el uso de un enfoque que tenga en cuenta las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) (Solbes et al., 2007) o de un enfoque histórico (Campanario, 1998).

Durante las décadas de los sesenta, setenta, surgió en Norteamérica un movimiento educativo que tomó por siglas CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad, o STS por sus siglas en inglés). Este movimiento trataba de empoderar a los ciudadanos de a pie, fomentando su alfabetización científica para que pudiesen participar con criterio en los importantes debates sobre ciencia y tecnología que la explosión del conocimiento científico estaba generando. Por tanto, se trataba no sólo de acercar el conocimiento científico y tecnológico a la sociedad, sino de otorgar a la ciudadanía instrumentos de juicio para que pudiesen participar democráticamente en la toma de decisiones sobre ciencia y tecnología (Membiela, 1997).

A principios del siglo XXI, y en cierta medida debido a la situación de crisis ambiental en la que se haya el planeta debido al cambio climático ocasionado por el ser humano, el movimiento CTS convergió con el movimiento de Educación Ambiental para generar el movimiento CTSA, añadiendo la A de ambiente a las siglas de CTS (Vilches, Gil y Praia, 2011).

La contextualización de los conceptos y procesos científicos y tecnológicos que se logra con el enfoque CTSA trae como consecuencia una mejor comprensión de los mismos (Ríos y Solbes, 2007). Meroni et al. (2015), puntualizan que para que el enfoque CTSA sea efectivo en la educación en ciencias, este debe centrarse en la vida real, y dar respuestas a los intereses y necesidades de los alumnos. Es lo que Caamaño (2011) (citado por Meroni et al., 2015), describe como "contextualizar la ciencia".

Las ventajas de un enfoque CTSA en la enseñanza de ciencias trascienden a las ya citadas sobre la alfabetización científica de la sociedad. En las experiencias reales

llevadas a cabo, como las descritas en el artículo de Ríos et al. (2007), se constatan otros efectos positivos, como es el hecho de que los estudiantes cambien su imagen de la ciencia y tecnología, mejorando su actitud hacia ellas.

Acevedo (1996), señala que el enfoque CTSA como propuesta educativa implica la utilización de actividades que promueven la autonomía de los alumnos y su implicación personal. Así, algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje posibles para la implementación del enfoque CTSA serían la resolución de problemas abiertos, la realización de trabajos prácticos de campo y los juegos de simulación y de "roles".

En la literatura sobre enseñanza de ciencias podemos encontrar ejemplos de la introducción de un enfoque CTSA durante el desarrollo de metodologías ABP e investigación dirigida. Así por ejemplo, Furió, Azcona y Guisasola (2006) utilizan un enfoque CTSA para enriquecer su propuesta de enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y mol a partir de un modelo de investigación dirigida. En concreto, el concepto de cantidad de sustancia se aplica a cuestiones de la vida cotidiana del estilo de medicamentos comunes como el ácido acetilsalicílico o la vitamina C. Por su parte, Pinto, Llorens y Oliver-Hoyo (2009), utilizan la metodología ABP con un enfoque CTSA que les permite explicar los conceptos relacionados con la transferencia de calor a partir de las bebidas "autocalentables" que se pueden encontrar en cualquier supermercado.

En lo que se refiere al enfoque histórico, este tiene en cuenta las dificultades epistemológicas que tuvo que superar la comunidad científica a lo largo de la construcción del conocimiento (Furió y Guisasola, 2001).

Para entender la importancia del enfoque histórico debe tenerse en cuenta que la enseñanza tradicional, "ahistórica", transmite en general una versión deformada de la ciencia que hace creer a los estudiantes que se trata de una rama del conocimiento que se ha desarrollado de manera lineal. Una historia con científicos héroes que descubrieron la verdad haciendo avanzar a la ciencia, y científicos dogmáticos que se oponían a su avance. Otra característica negativa de la enseñanza tradicional es que tiende a eliminar la conexión entre el conocimiento científico que presenta y el problema original al que intentaba dar respuesta, desaprovechándose la oportunidad de lograr aprendizajes significativos que ligen problema y solución. En definitiva, la enseñanza tradicional provoca que los alumnos conciban el aprendizaje de ciencias como una adquisición de contenidos impuestos (Campanario, 1998).

Mediante el enfoque histórico se da la oportunidad al alumnado de observar cómo muchas de sus ideas previas incorrectas son similares a concepciones históricas que fueron en su día comúnmente aceptadas como correctas. Una reconstrucción histórica de un problema científico les da la oportunidad a los estudiantes de entender la dificultad de determinados conocimientos. De esta forma, la enseñanza de ciencias apoyada en un enfoque histórico ayudaría a los alumnos desde un punto de vista metacognitivo al ayudarlos a ser conscientes de la dificultad de desdeñar ideas previas incorrectas y su cambio a nuevas concepciones (Campanario, 1998).

Además, según Brush (1974, citado por Campanario, 1998), mediante el uso de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de ciencias se consigue un cambio positivo en las actitudes de los alumnos hacia la ciencia.

Existen ejemplos en la bibliografía del uso de un enfoque histórico para el aprendizaje de ciencias. Así, Furió y Guisasola (2001) realizan una propuesta que tiene en cuenta un enfoque histórico para la enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de investigación dirigida. Por su parte, Pessoa y Castro (1992), muestran una propuesta para el aprendizaje de conocimientos de calor y temperatura a través de un enfoque histórico.

Para finalizar con este epígrafe, es conveniente señalar que como sugieren Solbes y Traver (1996), es interesante integrar las relaciones CTSA y el enfoque histórico para evitar una imagen deformada de la ciencia y los científicos.

3 Propuesta de Intervención

3.1 Presentación de la propuesta

Esta propuesta nace con la intención de presentar una alternativa para la enseñanza de contenidos relacionados con el bloque 2 ("la materia") de Física y Química de 2º de ESO que despierte el interés de los alumnos. Para ello se presentarán una serie de actividades que seguirán las metodologías ABP e investigación dirigida, y que tendrán un enfoque CTSA e histórico, de acuerdo a lo presentado en el marco teórico.

Es importante señalar que esta propuesta también trabaja contenidos del bloque 1 ("la actividad científica") por tratarse este de un bloque transversal que debe trabajarse a lo largo de todo el curso. Este bloque hace referencia a contenidos muy importantes en las metodologías ABP e investigación dirigida, y a los enfoques CTSA e histórico como se verá en el subapartado de contenidos.

El punto de partida de la propuesta es la presentación de un problema que tiene una solución teórica a la que deberán llegar los alumnos siguiendo la metodología ABP. Este problema situará a los estudiantes en el rol de ingenieros de diseño. Su objetivo será determinar las propiedades físicas que deben optimizar en una pieza concreta para conseguir el mejor diseño bajo criterios técnicos, medioambientales y económicos. Una vez que hallen estas propiedades, que serán la densidad y el módulo elástico, los discentes se convertirán en investigadores noveles para continuar su investigación siguiendo la metodología de investigación dirigida en el laboratorio. En este caso deberán determinar cuál es el material idóneo –de entre una selección de ellos que se les presentarán–, para satisfacer los criterios anteriores.

A continuación, se presentan una serie de subapartados que recogen la contextualización, los objetivos, las competencias, los contenidos, la metodología, la temporalización, las actividades, los recursos, la evaluación a los estudiantes y la evaluación de la propia propuesta.

3.2 Contextualización de la propuesta

Esta propuesta de intervención se ha ideado para ser puesta en práctica en un Instituto de Educación Secundaria (en adelante IES) de la Comunidad Autónoma de Galicia, en España. El marco legal estatal bajo el que se desarrolla la propuesta toma

como base la Ley Orgánica 2/2006 de Educación (en adelante LOE), la ya citada Ley Orgánica 8/2013 (LOMCE), y el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (en adelante Real Decreto 1105/2014). Así mismo, se ha tenido en cuenta la legislación autonómica, en especial el Decreto 86/2015, de 25 de junio, por el que se establece el currículo de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia (en adelante Decreto 86/2015).

El IES en cuestión está situado en Vilagarcía de Arousa, una ciudad pequeña de la costa, conectada al eje atlántico por ferrocarril, y con un puerto de titularidad estatal. La propuesta se pone en práctica en Física y Química de 2º de ESO. La clase está formada por 24 estudiantes que ya han compartido clase en 1º de ESO. El nivel socioeconómico de las familias es medio-alto. Cabe destacar además, que muchos de los alumnos proceden de familias que trabajan en los talleres que la RENFE tiene en la ciudad. Entre los discentes hay una alumna diagnosticada con una discapacidad en la extremidad superior izquierda. Se trata por tanto de una alumna con Necesidades Especiales de Apoyo Educativo (NEAE). Esta circunstancia se tendrá en cuenta durante la planificación de las actividades, que se adaptarán cuando fuese necesario siguiendo siempre criterios de integración.

Las actividades tendrán lugar en el aula, en la biblioteca del centro, en el aula de informática y en el laboratorio de física y química.

3.3 Intervención en el aula

3.3.1 Objetivos

Los objetivos de aprendizaje de esta propuesta coinciden con los descritos en el artículo 10 del Decreto 86/2015 para la etapa de ESO. Con todo, y debido a los contenidos específicos del currículo de Física y Química de 2º de ESO que se van a trabajar (ver apartado 3.3.3), los objetivos concretos del Decreto 86/2015 que se esperan conseguir serán los siguientes:

- b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo, como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información, para adquirir nuevos conocimientos con sentido crítico.

Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.

- f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en asignaturas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en diversos campos del conocimiento y de la experiencia.
- g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua gallega y en la lengua castellana, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, en la lectura y en el estudio de la literatura.
- i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.
- m) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y lo de las otras personas, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporal, e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y a su mejora.

Entre ellos cabe destacar especialmente el objetivo "f", propio de la enseñanza de ciencias que representa la asignatura de Física y Química.

Por otra parte, desde el punto de vista de la propuesta docente, existen otros objetivos a considerar y que son también importantes para evaluar la propuesta de intervención. Son los siguientes:

- O1) Crear una serie de actividades que sigan la metodología ABP para la enseñanza de contenidos del bloque 2 de Física y Química de 2º de ESO.
- O2) Crear una serie de actividades que sigan la metodología de investigación dirigida para la enseñanza de contenidos del bloque 2 de Física y Química de 2º de ESO.

- O3) Dotar de un enfoque CTSA a algunas de las actividades creadas en esta propuesta.
- O4) Dotar de un enfoque histórico a algunas de las actividades creadas en esta propuesta.

3.3.2 Competencias

Como se ha señalado en la introducción, la LOMCE ha puesto el énfasis en una educación con un currículo basado en las competencias. Posteriormente, la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (en adelante Orden ECD/65/2015) ha concretado estas competencias en 7 competencias clave. Estas competencias se relacionan con los contenidos del currículo de Física y Química de 2º de ESO a través del Decreto 86/2015. A continuación se expondrán las 7 competencias clave y una breve explicación de cómo se van a trabajar.

- Comunicación lingüística (CCL).

Esta competencia se trabajará tanto en su componente oral como escrita. Los estudiantes deberán plantear hipótesis lógicas y bien construidas verbalmente. Además deberán realizar una memoria de laboratorio y una presentación de resultados acompañada de esquemas, tablas y gráficos.

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCCT).

Esta es la principal competencia que se trabajará en esta propuesta. Es la competencia propia de la asignatura de Física y Química. La competencia matemática tendrá su mayor importancia a la hora de realizar cálculos en el laboratorio. Las competencias básicas en ciencia y tecnología serán claves en la interpretación física del problema y la bibliografía que se consulte, así como en el trabajo en el laboratorio.

- Competencia digital (CD).

La competencia digital se trabajará a través del uso de las TIC. Los discentes visitarán el aula de informática para buscar referencias bibliográficas, trabajar los datos obtenidos en el laboratorio en hojas de cálculo sencillas que les permitan

representarlos, y preparar soportes audiovisuales que les ayuden en sus presentaciones ante el resto de compañeros.

- Aprender a aprender (CAA).

Esta competencia está muy relacionada con las metodologías escogidas para esta propuesta. Tanto el ABP como la investigación dirigida son metodologías de tipo constructivista que ponen el foco en que el alumno construya por sí mismo su conocimiento, como se vio en el marco teórico. Por tanto, para trabajar esta competencia se fomentará la formulación de hipótesis. De esta forma se promueve que los estudiantes aprendan a partir de sus errores, es decir, de la constatación de que sus ideas previas eran incorrectas, ganando de este modo autonomía en su aprendizaje.

- Competencias sociales y cívicas (CSC).

Esta competencia se trabajará ampliamente gracias a la distribución por grupos en las actividades. Las decisiones de los distintos equipos deberán ser consensuadas y se fomentará la colaboración entre grupos. A los estudiantes se les asignará roles en algunas de las actividades, por lo que deberán estar dispuestos a negociar.

- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (CSIEE).

Esta competencia será trabajada en buena medida gracias a la metodología de investigación dirigida. Los alumnos deberán tomar la iniciativa, formular hipótesis y ensayarlas. Planificar los experimentos será de vital importancia. Además y como con la competencia anterior, la asignación de roles obligará a los alumnos a negociar y a demostrar su capacidad de liderazgo.

- Conciencia y expresiones culturales (CCEC).

Como se ha explicado en la introducción de la propuesta, los estudiantes se convertirán durante esta propuesta en ingenieros de diseño. Una selección de materiales adecuada no sólo debe responder a criterios técnicos. En este sentido, la selección atendiendo a criterios estéticos y culturales, propios de la comunidad en la que habitan los discentes, ofrecerá la posibilidad de trabajar esta competencia.

3.3.3 Contenidos

Al igual que se hizo en el apartado de objetivos, en este de contenidos se vuelve a tomar el Decreto 86/2015 como base de trabajo. Así, esta propuesta de intervención

focaliza su atención en una serie de contenidos del bloque 2, "la materia". Son los siguientes:

- B2.1. Propiedades de la materia.
- B2.2. Aplicaciones de los materiales.

Por otra parte, y debido en gran medida a las metodologías empleadas, lo cierto es que la totalidad de contenidos del bloque 1, "la actividad científica", también se trabajan durante las actividades programadas. Esta circunstancia es del todo lógica teniendo en cuenta que este bloque está pensado para ser trabajado de manera transversal durante todo el curso, y que además se basa principalmente en la aplicación del método científico, que es parte esencial de la metodología de investigación dirigida seleccionada para esta propuesta. Por tanto, los contenidos del bloque 1 que se trabajarán son los siguientes:

- B1.1. Método científico: etapas.
- B1.2. Utilización de las tecnologías de la información y de la comunicación.
- B1.3. Aplicaciones de la ciencia a la vida cotidiana y a la sociedad.
- B1.4. Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades.
- B1.5. Trabajo en el laboratorio.
- B1.6. Búsqueda y tratamiento de información.

3.3.4 Metodología

En la realización de esta propuesta de intervención se presentan 2 metodologías distintas pero complementarias.

Las 2 primeras actividades transcurrirán bajo el paraguas de la metodología de ABP. Su implementación se basa en los pasos descritos en la Tabla 2 del marco teórico, adaptados en este caso al contexto de la intervención, como se verá con más detalle en el apartado de actividades. En concreto, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Presentación del problema.
2. Concreción del problema, transformación de la pregunta.
3. Investigación.
4. Presentación de resultados.

5. Cuestiones de ampliación.

El paso 2 comprende la búsqueda de información sobre los contenidos del bloque 2 "la materia", explicados en el apartado anterior, que deben ayudar a entender la información del problema y concretar lo que se pregunta en una serie de tareas bien definidas. El paso 3 en cambio, se refiere a la búsqueda de la información para responder a las preguntas/tareas que se han definido en el paso 2. En el paso 4 los estudiantes presentarán sus resultados al resto de la clase, y finalmente, en el paso 5, se plantearán cuestiones relacionadas que hagan reflexionar a los discentes sobre el problema desde otros puntos de vista, no relacionados directamente con la física y química, pero sí con la realidad del mundo en que viven. Para cubrir estos pasos se han programado una serie de tareas que se describen en gran detalle en el apartado de actividades.

En lo que se refiere al 2º bloque de actividades, estas seguirán la metodología de investigación dirigida. Los discentes adquieren aquí el rol de investigadores nobel, avanzando a través de los siguientes pasos:

1. Presentación del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Experimentación, contrastación práctica de las hipótesis.
4. Tratamiento de los datos obtenidos.
5. Realización del informe de prácticas.

En el paso 2 los estudiantes formularán hipótesis que podrán poner en práctica durante la experimentación en el paso 3. En el paso 4, los discentes utilizarán hojas de cálculo para representar los resultados obtenidos. Finalmente, en el paso 5 realizarán un informe de prácticas siguiendo el esquema de un artículo científico. Estos pasos están organizados en una serie de pequeñas tareas que se describen en gran detalle en el apartado de actividades.

En todo momento, estas metodologías presentan un enfoque CTSA de gran utilidad para motivar a los estudiantes hacia el estudio de ciencias. Además, se introduce un enfoque histórico en alguna de las actividades con metodología de investigación dirigida.

Los agrupamientos son de 4 estudiantes en ambas metodologías. En estos grupos, los discentes trabajan de forma cooperativa y deben nombrar a un portavoz para

relacionarse con el resto del aula durante las actividades en que se trabaje con todos los grupos a la vez.

3.3.5 Temporalización

Esta intervención está diseñada para poder ser implementada en cualquier momento del curso de 2º de ESO. Sin embargo, y debido a que cubre todos los contenidos del bloque 1 y el inicio de los contenidos del bloque 2 del currículo de 2º de ESO del Decreto 86/2015, se recomienda su implementación al inicio de curso o al inicio del desarrollo de los bloques de química.

Las 4 actividades que conforman la intervención deben ser implementadas en orden. Es decir, se debe comenzar con la actividad 1 y seguir en orden hasta la 4. Esto es así porque las actividades tienen una narrativa común que las complementa, y que ayuda a mantener el interés de los estudiantes. Alternativamente, si no hay tiempo para implementarlas todas, se pueden hacer pequeñas adaptaciones para saltar de una a otra sin pasar por la consecutiva.

Cada una de las 4 actividades diseñadas está dividida en un número de tareas que se agrupan en diferentes sesiones de 50 minutos cada una. En la ficha de cada actividad —Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10—, se presenta la secuenciación concreta de las tareas, su ubicación en la sesión y su temporalización. A efectos de condensar la mayor cantidad de información en cada ficha, se ha abreviado la palabra sesión con la letra S seguida del número de sesión dentro de la actividad. Como puede verse en las tablas, la actividad 1 ocupa 3 sesiones, la actividad 2 ocupa 2 sesiones, la actividad 3 ocupa 2 sesiones y la actividad 4 ocupa 1 sesión.

3.3.6 Recursos

Los recursos necesarios para llevar a cabo esta intervención dependen del bloque de actividades, o lo que es lo mismo, de la metodología que se esté usando en cada momento.

Para el bloque 1 de actividades con metodología ABP, son necesarios los siguientes recursos:

- Aula de clase con ordenador con proyector para el profesor.
- Aula de informática con ordenadores conectados a internet y programas de tratamiento de texto.

- Biblioteca escolar con manuales de materiales y ordenadores con acceso a bases de datos de propiedades de los materiales.

Para el bloque 2 de actividades con metodología de investigación dirigida, son necesarios los siguientes recursos:

- Aula de clase con ordenador con proyector para el profesor.
- Laboratorio de física y química con poyatas con fregaderos.
- básculas, calibres y buretas.
- Aula de informática con ordenadores conectados a internet, programas de tratamiento de texto y hojas de cálculo.

3.3.7 Actividades

En lo que sigue se presentan una serie de actividades diferentes con las que se intentan cumplir los objetivos de aprendizaje y los objetivos de docencia de la propuesta. Con objeto de simplificar su exposición, las actividades se van a englobar en dos grandes bloques que nos permiten dividir la propuesta en dos fases. La primera fase se corresponde con el uso de la metodología ABP, la segunda con el uso de la metodología de investigación dirigida.

3.3.7.1 Bloque 1: Los estudiantes diseñadores (metodología ABP)

El primer bloque de actividades está previsto que ocurra después de que los alumnos visiten el museo de ferrocarril de Carril, en Vilagarcía. Se da la circunstancia de que la línea férrea entre Cornes (Santiago de Compostela) y Carril (Vilagarcía) fue el primer trazado que se inauguró en Galicia, en 1873. Se espera que los estudiantes vengan motivados tras la visita, en la que podrán observar la evolución de los diferentes trenes que recorrieron Galicia desde la inauguración de la línea. Esta circunstancia se aprovechará para plantear un enfoque CTSA que tenga al ferrocarril como hilo conductor del primer bloque de actividades, que seguirá la metodología de ABP.

3.3.7.1.1 Actividad 1: Diseño de una bandeja reclinable

La actividad consta de diferentes tareas que completan la metodología ABP y que se desarrollan en diferentes escenarios: el aula, la biblioteca y el aula de informática. Los alumnos se agrupan en grupos de 4. Estos grupos deben realizar las tareas de forma cooperativa, y cuando sea necesario nombrarán a un portavoz. Si el profesor

detecta que el portavoz es siempre la misma persona, deberá fomentar el cambio de portavocía a otros integrantes del grupo.

La actividad comienza con la exposición en clase de una pequeña escena de la película Misión Imposible, donde los protagonistas viajan en tren y van trabajando con sus ordenadores colocados sobre bandejas reclinables. A continuación, el docente les explicará a los alumnos la actividad a realizar. Es una actividad en la que los alumnos adquieren el rol de diseñadores. Cada equipo será una ingeniería que debe proponer el material que crean más adecuado para servir de bandeja reclinable en el tren. Por tanto, el problema que los alumnos deben responder y que desencadenará todo el aprendizaje es la selección del material para la bandeja del tren. Se trata de un problema abierto, por lo que el docente debe de hacer hincapié en la necesidad de razonar convenientemente la selección.

Lo esencial para que se desencadenen los aprendizajes de los contenidos objetivo es que los estudiantes sean capaces de definir el problema. Para ello, lo primero es que los discentes ordenen toda la información que tienen. El docente aquí les ayudará animándolos a que transformen la pregunta inicial en otras que les ayuden a encontrar la solución a qué es lo que realmente están buscando. En esta etapa se realizará una lluvia de ideas en global con toda la clase. Se espera que de esta actividad surja la cuestión que permita centrar los siguientes pasos de la actividad, esta es, qué propiedades debe tener ese material.

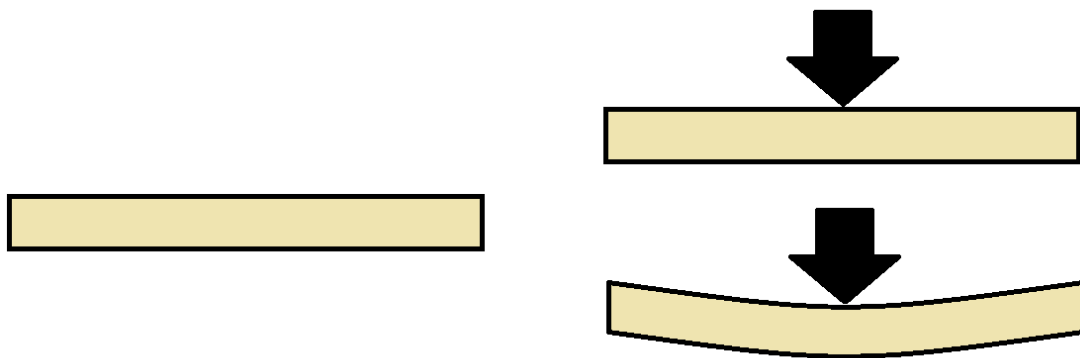


Figura 1. Esquema simple del funcionamiento de una bandeja al soportar distintos pesos representados por las flechas. Fuente: elaboración propia.

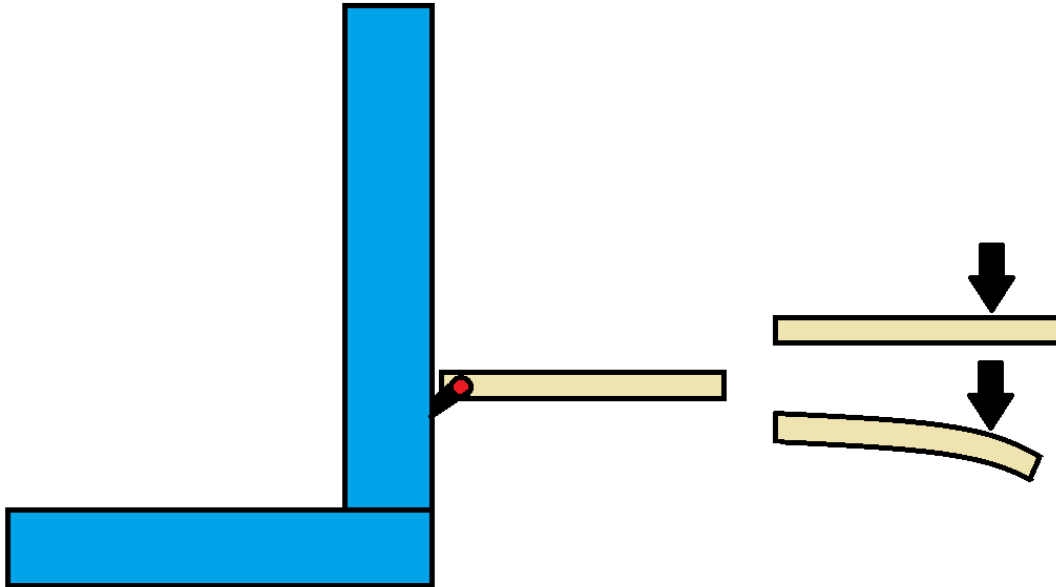


Figura 2. Esquema simple del funcionamiento de una bandeja reclinable al soportar distintos pesos representados por las flechas. Fuente: elaboración propia.

A continuación los equipos se pondrán a trabajar por separado con el objetivo de analizar las propiedades de los materiales y su relación con el problema. Los estudiantes deben hacer algún esquema de la bandeja en funcionamiento, que podrían ser similares a los de las figuras 1 y 2, para así entender la propiedad que les interesa optimizar. El profesor los ayudará en la realización de este esquema para guiarlos en su investigación. En este punto, lo más importante es que los estudiantes se familiaricen con las propiedades generales y características de la materia. Para ello podrán visitar la biblioteca y el aula de informática. En los diferentes grupos deben discutir entre ellos cuáles de estas propiedades creen que son las variables más importantes a optimizar a la hora de escoger el material. Al final de este paso un portavoz de cada equipo expondrá brevemente sus conclusiones al resto de la clase, que junto al profesor actuarán como "comunidad científica". El profesor fomentará el debate entre los grupos para llegar a una conclusión final de la clase. Se espera que la hipótesis consensuada sea que el material debe ser rígido para soportar las pertenencias de los pasajeros sin doblarse.

En este punto el profesor debe intervenir de nuevo aportando un enfoque complementario con el fin de que los estudiantes piensen en otra característica de la materia que también es importante optimizar. Para esto les presentará como pista una tabla de datos en la que se relacione el número de pasajeros en un tren con el combustible que consume dicho tren. Se espera que tras continuar el debate los estudiantes se den cuenta por sí mismos de que es conveniente que el material

también sea ligero, para ahorrar combustible. Se dará de nuevo tiempo a los estudiantes para que analicen las propiedades de la materia y localicen cuál es la propiedad concreta que necesitan optimizar para discriminar entre materiales más y menos ligeros. Se espera que alcancen la respuesta correcta, la densidad, por sí mismos y trabajando en grupos.

Los estudiantes volverán entonces a la biblioteca y al aula de informática para continuar trabajando en grupos en su investigación de materiales rígidos (módulo elástico alto), pero ligeros (densidad baja). Deberán analizar las diferentes familias de materiales y sus características. El profesor les ayudará con la búsqueda de tablas de densidad y del módulo elástico, parámetro que mide la rigidez. Como se ha dicho se trata de un problema abierto, hecho que se puede aprovechar para motivar a los alumnos en su búsqueda ya que cuánto más busquen, mejores propiedades pueden encontrar. En este momento, es posible que se produzca una disyuntiva, ya que densidad y rigidez pueden ir en sentidos opuestos. El profesor debe ayudar a los estudiantes a esclarecer cuál es el criterio que deben seguir para poder optimizar las 2 a un tiempo. La respuesta correcta es que la rigidez debe alcanzar un mínimo por encima del cual ya no es necesario seguir optimizándola, mientras que la densidad no tiene, en principio, un valor mínimo que descarte el material.

Al terminar cada grupo presentará una memoria en la que se recojan los siguientes puntos:

- El planteamiento del problema y los motivos de que la densidad y la rigidez sean las variables a optimizar.
- Una propuesta de material, identificando la familia a la que pertenece y los valores de su densidad y módulo elástico.
- Las referencias bibliográficas consultadas.

Un portavoz de cada grupo presentará los resultados acompañado de una presentación digital. En este punto, debería haber un diseño óptimo, superior técnicamente a los demás.

La última tarea discurrirá entonces en torno a si este criterio "técnico" es el único que se debe tener en cuenta para el diseño. Se realizará una lluvia de ideas con toda la clase. Se espera que aparezcan criterios estéticos y económicos. El profesor debe incluir aquí también criterios éticos y medioambientales si no surgen. A

continuación se debatirá sobre todos ellos. El profesor debe fomentar la discusión hacia los criterios medioambientales y éticos con preguntas del estilo:

- ¿Es importante saber de dónde se extraen esos materiales? ¿Puede generar residuos contaminantes la obtención de estos materiales?
- ¿Conocéis lo que es la huella de carbono? ¿El comercio justo?

Para finalizar cada grupo completará una tabla como la Tabla 6, donde valorarán de 1 a 5 el material que han seleccionado siguiendo criterios técnicos, económicos, medioambientales y éticos.

Tabla 6. Valoración del material

	1	2	3	4	5
Criterios técnicos					
Criterios económicos					
Criterios medioambientales					
Criterios éticos					
Valoración global					

Fuente: elaboración propia

A modo de resumen, en la Tabla 7. Ficha de la actividad 1 puede observarse una ficha de la actividad 1 que recoge, la metodología, los objetivos, los contenidos, las competencias y una secuenciación de las diferentes tareas que tienen lugar y sus características principales:

Tabla 7. Ficha de la actividad 1

Actividad 1: diseño de una bandeja reclinable
Metodología: Aprendizaje basado en problemas (ABP)
Objetivos: b, e, f, g, h, i, m, O1, O3
Contenidos: B1.1, B1.2, B1.3, B1.4, B1.6, B2.1, B2.2
Competencias: CAA, CCL, CMCCT, CCEC, CSIEE, CD, CSC

Tareas					
Tarea	Tipo	Agrupación	Lugar	Tiempo	Descripción
1 (S1)	Inicial	Clase	Aula	10 min.	Introducción y vídeo de la película
2 (S1)	Inicial	Clase	Aula	10 min.	Lluvia de ideas inicial
3 (S1)	Desarrollo	Grupo trabajo	Aula, biblioteca, aula de informática	30 min.	Estudio de la relación entre las propiedades de los materiales y el funcionamiento de la bandeja. Búsqueda de bibliografía
4 (S2)	Desarrollo	Clase	Aula	10 min.	Debate entre grupos
5 (S2)	Desarrollo	Grupo trabajo	Aula, biblioteca, aula de informática	10 min.	Estudio de la segunda característica a optimizar
6 (S2)	Desarrollo	Grupo trabajo	Aula de informática	30 min.	Realización de la memoria y presentación
7 (S3)	Evaluación	Clase	Aula	30 min.	Presentación de resultados
8 (S3)	Ampliación	Clase	Aula	10 min.	Lluvia de ideas y debate sobre otros criterios
9 (S3)	Ampliación	Grupo trabajo	Aula	10 min.	Tabla de criterios

Fuente: elaboración propia

3.3.7.1.2 Actividad 2: diseño de una bandeja de comida caliente

Con objeto de reforzar la metodología ABP e introducir nuevas propiedades de la materia y aplicaciones de los materiales (contenidos B2.1 y B2.2), se presenta una

segunda actividad que sigue el mismo desarrollo metodológico que la actividad anterior.

En este caso el problema consiste en determinar qué material es el idóneo para la fabricación de bandejas de comida caliente.

La actividad se puede presentar como un problema nuevo o una continuación del anterior. En el segundo caso, se puede presentar diciendo que la compañía de trenes ha quedado muy satisfecha con nuestro estudio sobre la bandeja reclinable. La implementación del nuevo material ha supuesto una mejora económica que ha repercutido en la reducción del precio del billete y en más pasajeros. Ahora la compañía quiere mejorar su servicio y ofrecer catering en el tren para los viajes a Madrid. Pretenden implementar un servicio de comida caliente que debe ser muy rápido para satisfacer a todos los pasajeros. Así que tras estudiar el tema, han decidido meter en el tren comida precocinada y calentarla con hornos de convección. El problema es que tienen dudas de qué material seleccionar para los recipientes de comida que entrarán en el horno. El objetivo de los estudiantes es determinar el mejor material para estas bandejas de comida.

Los estudiantes volverán a trabajar en grupos de 4 para solucionar el problema. Esta vez, al tratarse de una actividad similar a la anterior, se obviará la actividad inicial de lluvia de ideas previa para pasar directamente al trabajo en equipos. En este caso, el criterio técnico fundamental que los estudiantes deben relacionar con las propiedades de la materia es que el material debe tener buena conductividad térmica. Por tanto será un metal.

Otros criterios igual de importantes para la selección, pero para los cuales quizás necesiten la ayuda del profesor, son que el metal no sea tóxico (por estar en contacto con alimentos) y que aguante sólido a temperaturas de hasta 300 °C.

Finalmente, existen otros criterios con los cuales acabar de perfilar la selección. Son por ejemplo que el metal sea maleable y ligero, para así poder producirlo a bajo coste y que no aumente el peso del tren, como también se hizo en la actividad 1.

Con todos estos condicionantes, la selección en este caso no es tan abierta, y el material idóneo es por fuerza el aluminio, al que deben llegar los estudiantes.

Una vez obtengan la solución, cada grupo realizará una memoria justificativa que contenga —como en la actividad 1—, el planteamiento técnico del problema y las

propiedades de la materia que debe cumplir el material propuesto. La memoria también debe contener el material candidato propuesto por el grupo, los datos que avalan la propuesta y la bibliografía consultada. Al mismo tiempo, los grupos realizarán una presentación en formato digital.

La siguiente tarea tendrá lugar de nuevo en el aula. Cada grupo presentará sus resultados y los criterios que han tenido en cuenta para la selección, mostrando las diapositivas de su presentación digital. En caso de que los estudiantes no contemplasen alguna de las propiedades expuestas en los párrafos anteriores (como por ejemplo la densidad, la toxicidad, o la maleabilidad), el profesor tomará la palabra para completar la respuesta de los alumnos.

Los últimos minutos de la actividad se reservarán para abrir un debate con los alumnos en el que se reflexione sobre la idoneidad de usar recipientes no reutilizables en la hostelería y de su reciclaje.

A modo de resumen, en la Tabla 8. Ficha de la actividad 2 puede observarse una ficha de la actividad 2 que recoge, la metodología, los objetivos, los contenidos, las competencias y una secuenciación de las diferentes tareas que tienen lugar y sus características principales:

Tabla 8. Ficha de la actividad 2

Actividad 2: diseño de una bandeja de comida caliente					
Metodología: Aprendizaje basado en problemas (ABP)					
Objetivos: b, e, f, g, h, i, m, O1, O3					
Contenidos: B1.1, B1.2, B1.3, B1.4, B1.6, B2.1, B2.2					
Competencias: CAA, CCL, CMCCT, CCEC, CSIEE, CD, CSC					
Tareas					
Tarea	Tipo	Agrupación	Lugar	Tiempo	Descripción
1 (S1)	Inicial	Clase	Aula	5 min.	Presentación del problema
2 (S1)	Desarrollo	Grupo trabajo	Aula, biblioteca, aula de informática	30 min.	Estudio de la relación entre las propiedades de los materiales y el funcionamiento de la bandeja. Búsqueda de bibliografía
3 (S1 y S2)	Desarrollo	Grupo trabajo	Aula de informática	15' S1 15' S2	Realización de la memoria y presentación
4 (S2)	Evaluación	Clase	Aula	30 min.	Presentación de resultados
5 (S2)	Ampliación	Clase	Aula	5 min.	Debate sobre recipientes no reutilizables

Fuente: elaboración propia

3.3.7.2 Bloque 2: los estudiantes científicos (metodología de investigación dirigida)

En el segundo bloque de actividades los estudiantes visitarán el laboratorio para seguir la metodología de investigación dirigida. Según este modelo, los estudiantes adquieren el rol de investigadores nobeles. El docente puede aprovechar las actividades anteriores para hacer una transición entre metodologías que relacione

ambos bloques de actividades bajo una perspectiva CTSA. En este sentido, el objetivo de las actividades, sigue siendo el mismo, la selección del mejor material. Por tanto, los discentes podrán conocer dos profesiones del ámbito científico con aplicaciones en su vida diaria y que además se complementan entre ellas.

En estas nuevas actividades los estudiantes volverán a formar grupos de 4. Previamente se les presentará el laboratorio y el equipo con el que cuentan para su investigación. En este equipo habrá una báscula, un pie de rey y una bureta. Sin embargo se les presentarán también otros aparatos del laboratorio, de modo que entiendan que para hacer su investigación cuentan con todo lo necesario en el laboratorio, pero no es necesario usar todo lo que ha sido presentado. A continuación se les presentarán las investigaciones que deben realizar, que se corresponden con las actividades 3 y 4.

3.3.7.2.1 *Actividad 3: cálculo de la densidad en objetos con forma geométrica*

El docente comenzará la actividad explicando a los estudiantes que la ingeniería en la que trabajaban durante el bloque de actividades anterior ha decidido contratar a un laboratorio para discernir con datos experimentales cuál es el mejor material para la bandeja reclinable. Este laboratorio ha realizado experimentos para medir la rigidez de materiales que no estaban tabulados y que eran interesantes por criterios económicos. 3 de ellos han pasado las pruebas y son muy prometedores. Queda decidir cuál de ellos es el idóneo. Los estudiantes, convertidos ahora en investigadores noveles, deben realizar las pruebas experimentales que aporten la solución. En teoría, los estudiantes deberían recordar que deben buscar el material de menor densidad, ya que este fue el segundo criterio técnico que buscaron optimizar en la práctica 1. En cualquier caso, se les dejará un tiempo para que trabajen en equipo qué propiedad están buscando analizar, y si no se dan cuenta, les ayudará el docente para que puedan continuar, indicándoles que repasen lo aprendido en la práctica 1.

A continuación el profesor mostrará a los estudiantes 3 muestras de los materiales objeto de estudio. Estas muestras tendrán formas y pesos diferentes. En concreto, tendrán forma de esfera, cilindro y cubo. Deben averiguar el modo de calcular su densidad y obtener los valores para decidir el mejor candidato.

Los estudiantes deberán realizar hipótesis sobre cómo realizar mediciones que les lleven a obtener el dato de la densidad para los distintos objetos. El profesor les orientará en el proceso dejándoles autonomía para que pongan las hipótesis en práctica.

La densidad es una propiedad extensiva de la materia que se define como la razón entre la masa y el volumen que ocupa un cuerpo. Por tanto, los discentes deben llegar a la conclusión de que la mejor estrategia para resolver el cálculo de la densidad es obtener por una parte la masa de los 3 objetos, y por otra sus volúmenes.

En cuanto a la masa, tan sólo necesitan usar la báscula para obtener su valor.

El volumen por su parte, necesitará del conocimiento de las fórmulas matemáticas para la obtención del volumen de una esfera, de un cubo y de un cilindro; y de las medidas experimentales de las longitudes de los parámetros presentes en las citadas fórmulas. Una vez que los discentes lleguen a esta conclusión, es posible que pretendan realizar estas mediciones usando una regla. En este punto, el profesor les presentará el instrumento de medición conocido como calibre o pie de rey, y les mostrará con un ejemplo como se usa. Para facilitar el uso del calibre a la alumna con discapacidad en la extremidad superior izquierda (la alumna con NEAE), el docente facilitará a los grupos un soporte universal con pinzas planas donde colocar los objetos para poder medirlos usando el calibre con una sola mano. Los estudiantes deberán realizar las mediciones al menos 3 veces para tener un resultado medio.

Una vez que los alumnos realicen todas las medidas deberán realizar una memoria de prácticas con los apartados típicos de un artículo científico: introducción, materiales y método, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas. Los resultados deben representarse en tablas y gráficas, utilizando hojas de cálculo digitales para su obtención.

A modo de resumen, en la Tabla 9 puede observarse una ficha de la actividad 3 que recoge, la metodología, los objetivos, los contenidos, las competencias y una secuenciación de las diferentes tareas que tienen lugar y sus características principales:

Tabla 9. Ficha de la actividad 3

Actividad 3: cálculo de la densidad en objetos con forma geométrica					
Metodología: Investigación dirigida					
Objetivos: b, e, f, g, h, i, m, O2, O3					
Contenidos: B1.1, B1.2, B1.3, B1.4, B1.5, B1.6, B2.1, B2.2					
Competencias: CAA, CCL, CMCCT, CCEC, CSIEE, CD, CSC					
Tareas					
Tarea	Tipo	Agrupación	Lugar	Tiempo	Descripción
1 (S1)	Inicial	Clase	Laboratorio	10 min.	Presentación de la investigación
2 (S1)	Desarrollo	Grupo trabajo	Laboratorio	40 min.	Generación de hipótesis sobre cómo proceder y comprobación experimental
3 (S2)	Desarrollo	Clase	Laboratorio	5 min.	Explicación sobre el uso del pie de rey
4 (S2)	Desarrollo	Grupo de trabajo	Laboratorio	10 min.	Realización de las medidas experimentales finales
5 (S2)	Evaluación	Grupo de trabajo	Aula de informática	35 min.	Realización de la memoria de prácticas

Fuente: elaboración propia

3.3.7.2.2 Actividad 4: cálculo de la densidad en objetos con forma no geométrica

La última actividad se presentará como una continuación de la tercera. El docente reunirá de nuevo a todo el grupo clase en el laboratorio para comunicarles que el departamento de diseño ha encontrado un cuarto candidato para la selección del material. La diferencia con la actividad anterior es que esta vez el objeto que

presenta el profesor para que tomen las medidas no tiene una forma geométrica reconocible.

Los estudiantes volverán a cooperar en grupos siguiendo la metodología de la actividad anterior. En este punto deben elaborar sus hipótesis de cómo realizar en este caso la medida del volumen. Es posible que surjan ideas como la de mecanizar la pieza para que adquiriera una forma geométrica reconocible, o intentar dividir la pieza en secciones en las que se pueda estimar las medidas. Todas las hipótesis deben ser bien recibidas por el profesor, que en este momento debe dejar libertad a los discentes para que experimenten.

Tras un tiempo, es posible que los estudiantes necesiten un poco de ayuda para que se les ocurra un método alternativo al de medir longitudes para hallar el volumen. Este hecho lo aprovechará el docente para reunir a toda la clase y dar un enfoque histórico que capte la atención de los discentes y les ayude a razonar. Así, para ayudarles se les presentará a modo de anécdota el problema de Arquímedes y la corona de oro del rey Hierón de Siracusa. Se hará una introducción sobre Arquímedes y el problema al que se tuvo que enfrentar. Para ilustrarlo se mostrará en clase un pequeño vídeo de dibujos animados educativo sobre el tema (puede consultarse en la siguiente url: <https://www.youtube.com/watch?v=JxrwpyywpOs>). Se espera que esto ayude a los alumnos a tener un momento "eureka" como el de Arquímedes, y que se les ocurra utilizar la bureta con agua para medir el volumen de líquido desplazado al sumergir el objeto sin forma geométrica. Cabe aquí puntualizar que este método es una simplificación para el cálculo del volumen, que no coincide exactamente con lo que hizo Arquímedes, como ya en su momento objetó Galileo (Andrade, 2000). Sin embargo, el principio de Arquímedes se estudia en 4º de ESO, y por tanto aquí solamente quiere introducirse al científico y despertar el interés de los alumnos. Finalizada la práctica se volverá sobre el asunto para indicar a los alumnos que aquellos que decidan seguir con Física y Química en 4º de ESO tendrán la oportunidad de saber más sobre Arquímedes y porqué su conclusión en la bañera es tan importante en la historia de la humanidad. De esta forma, usando un enfoque histórico, se pretende despertar la motivación y el gusto por las ciencias.

Se animará a los alumnos para que, además de realizar la medida del volumen del objeto sin forma geométrica, comprueben la fiabilidad del método volviendo a medir los objetos con forma geométrica, esta vez con la bureta y el agua.

Finalmente, los estudiantes deberán realizar de nuevo una memoria de prácticas con los apartados típicos de un artículo científico: introducción, materiales y método, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas. Los resultados deben representarse en tablas y gráficas, utilizando hojas de cálculo digitales para su obtención.

A modo de resumen, en la Tabla 10 puede observarse una ficha de la actividad 4 que recoge, la metodología, los objetivos, los contenidos, las competencias y una secuenciación de las diferentes tareas que tienen lugar y sus características principales:

Tabla 10. Ficha de la actividad 4

Actividad 4: cálculo de la densidad en objetos con forma no geométrica					
Metodología: Investigación dirigida					
Objetivos: b, e, f, g, h, i, m, O2, O3, O4					
Contenidos: B1.1, B1.2, B1.3, B1.4, B1.5, B1.6, B2.1, B2.2					
Competencias: CAA, CCL, CMCCT, CCEC, CSIEE, CD, CSC					
Tareas					
Tarea	Tipo	Agrupación	Lugar	Tiempo	Descripción
1 (S1)	Inicial	Clase	Laboratorio	5 min.	Presentación de la investigación
2 (S1)	Desarrollo	Grupo trabajo	Laboratorio	10 min.	Generación de hipótesis sobre cómo proceder y comprobación experimental
3 (S1)	Desarrollo	Clase	Laboratorio	10 min.	Vídeo de Arquímedes y discusión sobre el mismo
4 (S1)	Desarrollo	Grupo de trabajo	Laboratorio	10 min.	Generación de hipótesis sobre cómo proceder y realización de las medidas experimentales finales
5 (S1)	Evaluación	Grupo de trabajo	Aula de informática	15 min.	Realización de la memoria de prácticas

Fuente: elaboración propia

3.3.8 Evaluación

La evaluación de los alumnos se realizará de acuerdo al decreto 86/2015, es decir, evaluando, a través de los estándares de aprendizaje, cada contenido trabajado en la propuesta y que se encuentre en el currículo.

En el decreto 86/2015, en el que figura el currículo de física y química para 2º de ESO en Galicia, los contenidos se concretan en unos criterios de evaluación que a su vez se concretan en unos estándares de aprendizaje. En la Tabla 11 se observan los contenidos, objetivos, criterios de evaluación, competencias y estándares de aprendizaje del currículo que se trabajan en esta propuesta.

Tabla 11. Tabla de objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias que se trabajan en la intervención

Objetivos	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Competencias	Actividades
f h	B1.1. B1.2.	B1.1.	FQB1.1.1.	CAA CCL CMCCT	1, 2, 3, 4
			FQB1.1.2.	CCL CMCCT	
f m	B1.3.	B1.2.	FQB1.2.1.	CCEC CMCCT	1, 2, 3, 4
b f	B1.4.	B1.3.	FQB1.3.1.	CMCCT	1, 2, 3, 4
			FQB1.3.2.	CSIEE CMCCT	
f	B1.5.	B1.4.	FQB1.4.1.	CMCCT CCL	3, 4
			FQB1.4.2.	CMCCT	
e f h i	B1.6. B1.2.	B1.5.	FQB1.5.1.	CAA CCL CMCCT	1, 2
			FQB1.5.2.	CAA CD CSC	
b e f g h i	B1.1. B1.2. B1.4. B1.5. B1.6.	B1.6.	FQB1.6.1.	CAA CCEC CCL CD CMCCT CSIEE	1, 2, 3, 4
			FQB1.6.2.	CAA CSC CSIEE	
b f	B2.1. B2.2.	B2.1.	FQB2.1.1.	CMCCT	1, 2, 3, 4
			FQB2.1.2.	CMCCT	
			FQB2.1.3.	CMCCT	

Fuente: elaboración propia

A continuación, pueden observarse las definiciones de cada criterio de evaluación y estándar de aprendizaje de la Tabla 11 según el Decreto 86/2015. Son las siguientes:

Criterios de evaluación:

- B1.1. Reconocer e identificar las características del método científico.
- B1.2. Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y el desarrollo de la sociedad.

- B1.3. Aplicar los procedimientos científicos para determinar magnitudes.
- B1.4. Reconocer los materiales y los instrumentos básicos presentes en el laboratorio de física y de química, y conocer y respetar las normas de seguridad y de eliminación de residuos para la protección ambiental.
- B1.5. Extraer de forma guiada la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.
- B1.6. Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.
- B2.1. Reconocer las propiedades generales y las características específicas de la materia, y relacionarlas con su naturaleza y sus aplicaciones.

Estándares de aprendizaje:

- FQB1.1.1. Formula, de forma guiada, hipótesis para explicar fenómenos cotidianos, utilizando teorías y modelos científicos sencillos.
- FQB1.1.2. Registra observaciones y datos de manera organizada y rigurosa, y los comunica oralmente y por escrito utilizando esquemas, gráficos y tablas.
- FQB1.2.1. Relaciona la investigación científica con alguna aplicación tecnológica sencilla en la vida cotidiana.
- FQB1.3.1. Establece relaciones entre magnitudes y unidades utilizando, preferentemente, el Sistema Internacional de Unidades para expresar los resultados.
- FQB1.3.2. Realiza mediciones prácticas de magnitudes físicas de la vida cotidiana empleando el material y los instrumentos apropiados, y expresa los resultados correctamente en el Sistema Internacional de Unidades.
- FQB1.4.2. Identifica material e instrumentos básicos de laboratorio y conoce su forma de utilización para la realización de experiencias, respetando las normas de seguridad e identificando actitudes y medidas de actuación preventivas.
- FQB1.5.1. Selecciona y comprende de forma guiada información relevante en un texto de divulgación científica, y transmite las conclusiones obtenidas utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.
- FQB1.5.2. Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y a la objetividad del flujo de información existente en internet y otros medios digitales.

- FQB1.6.1. Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de estudio, aplicando el método científico y utilizando las TIC para la búsqueda y la selección de información y presentación de conclusiones.
- FQB1.6.2. Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.
- FQB2.1.1. Distingue entre propiedades generales y propiedades características de la materia, y utiliza estas últimas para la caracterización de sustancias.
- FQB2.1.2. Relaciona propiedades de los materiales del entorno con el uso que se hace de ellos.
- FQB2.1.3. Describe la determinación experimental del volumen y de la masa de un sólido, realiza las medidas correspondientes y calcula su densidad.

Para realizar la evaluación de los estándares de aprendizaje se usarán escalas de valoración y rúbricas como instrumentos de evaluación. Se emplearán escalas de valoración para los estándares de aprendizaje del bloque 1 "la actividad científica" (FQB1.1.1., FQB1.1.2., FQB1.2.1., FQB1.3.1., FQB1.3.2., FQB1.4.1., FQB1.4.2., FQB1.5.1., FQB1.5.2., FQB1.6.1., FQB1.6.2.) y rúbricas para los estándares de aprendizaje del bloque 2 "la materia" (FQB2.1.1., FQB2.1.2., FQB2.1.3.). Los estándares de aprendizaje del bloque 2 tendrán mayor peso en la evaluación global. Esto es así porque los contenidos del bloque 1 son transversales, y por tanto volverán a ser evaluados en otras ocasiones durante el curso. Como a su vez hay 2 bloques de actividades que se corresponden a las 2 metodologías diferentes propuestas, se prepara una escala de valoración y rúbrica para cada uno de los bloques. Es decir, se prepara una escala de valoración y una rúbrica para las actividades 1 y 2 con metodología ABP; y una escala de valoración y una rúbrica para las actividades 3 y 4 con metodología de investigación dirigida.

En la Tabla 12 puede observarse la escala de valoración para las actividades 1 y 2. La escala es numérica, de 1 a 5, siendo 1 la menor puntuación (0%) y 5 la mayor puntuación (100%).

Tabla 12. Escala de valoración para las actividades 1 y 2 (metodología ABP)

	1	2	3	4	5
Formula hipótesis sobre cómo solucionar el problema (FQB1.1.1.)					
Relaciona el trabajo del ingeniero de diseño con aplicaciones de la vida cotidiana (FQB1.2.1.)					
Establece relaciones entre magnitudes y unidades y sabe leer tablas de datos de la bibliografía (FQB1.3.1.)					
Selecciona y comprende la información relevante de los textos científicos consultados (FQB1.5.1.)					
Es crítico con las fuentes de información que encuentra en internet (FQB1.5.2.)					
Realiza la investigación aplicando el método científico y usando las TIC para buscar información y presentar los resultados (FQB1.6.1)					
Sabe trabajar en equipo y de forma individual (FQB1.6.2.)					

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 13 puede observarse la rúbrica para las actividades 1 y 2.

Tabla 13. Rúbrica para las actividades 1 y 2

	0%	33%	66%	100%
Define el problema a través de la comprensión de las propiedades generales y características de la materia (FQB2.1.1.) (33,3%)	No entiende lo que le preguntan	Relaciona con dificultad las propiedades de la materia con el problema de diseño	Relaciona correctamente las propiedades de la materia con el problema de diseño	Entiende perfectamente lo que le preguntan y sabe transformarlo en tareas bien definidas para llevar a cabo la investigación
Identifica las propiedades de la materia que sirven de diseño para el problema (FQB2.1.1.) (33,3%)	No sabe concretar las propiedades que debe optimizar para el diseño	Concreta con dificultad sólo una de las propiedades de diseño a optimizar	Concreta correctamente la propiedad más importante de diseño a optimizar	Establece al menos 2 propiedades de diseño con las que solucionar el problema de forma óptima
Relaciona las propiedades de la materia con materiales del entorno para poder resolver el problema (FQB2.1.2.) (33,3%)	No ofrece ningún material como solución al problema	El material escogido para solucionar el problema no cumple con los requisitos técnicos	El material escogido para solucionar el problema cumple con los requisitos técnicos	Realiza la investigación de forma coherente obteniendo un material que cumple todos los requisitos técnicos del diseño, y tiene en cuenta otros criterios económicos, medioambientales y éticos

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 14 puede observarse la escala de valoración para las actividades 3 y 4. La escala es numérica, de 1 a 5, siendo 1 la menor puntuación (0%) y 5 la mayor puntuación (100%).

Tabla 14. Escala de valoración para las actividades 3 y 4 (metodología de investigación dirigida)

	1	2	3	4	5
Formula hipótesis sobre cómo llevar a cabo los experimentos (FQB1.1.1.)					
Registra las observaciones de manera organizada y rigurosa, y las comunica por escrito usando esquemas, tablas y gráficas (FQB1.1.2.)					
Relaciona el trabajo del investigador científico con aplicaciones de la vida cotidiana (FQB1.2.1.)					
Establece relaciones entre magnitudes y unidades, utilizando preferentemente el Sistema Internacional de Unidades (FQB1.3.1.)					
Realiza las mediciones necesarias de las prácticas empleando los instrumentos de laboratorio apropiados (FQB1.3.2.)					
Identifica el material e instrumentos básicos del laboratorio, atendiendo a la seguridad en su uso (FQB1.4.2)					
Realiza la investigación aplicando el método científico y usando las TIC para buscar información y presentar los resultados (FQB1.6.1)					
Sabe trabajar en equipo y de forma individual (FQB1.6.2.)					

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 15 puede observarse la rúbrica para las actividades 3 y 4.

Tabla 15. Rúbrica para las actividades 3 y 4

	0%	33%	66%	100%
Define el problema a través de la comprensión de las propiedades generales y características de la materia (FQB2.1.1.) (30%)	No entiende lo que le preguntan	Relaciona con dificultad las propiedades de la materia con lo que le preguntan	Relaciona correctamente las propiedades de la materia con lo que le preguntan, pero no sabe como determinar los valores de forma práctica	Relaciona correctamente las propiedades de la materia con lo que le preguntan y establece un plan para llevar a cabo la investigación en el laboratorio
Ejecuta la investigación y obtiene los resultados (FQB2.1.3.) (60%)	No realiza la parte práctica	Realiza la parte práctica ayudado de sus compañeros , siguiendo su "receta"	Describe la determinación experimental del volumen y de la masa de un sólido, pero tiene dificultades realizando las medidas y obteniendo el cálculo de la densidad	Describe la determinación experimental del volumen y de la masa de un sólido, realiza las medidas correspondientes y calcula su densidad
Realiza la memoria de prácticas (FQB2.1.3.) (10%)	No realiza la memoria de prácticas	La memoria de prácticas está incompleta	La memoria de prácticas está completa pero mal estructurada	La memoria de prácticas está completa y bien estructurada

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en las rúbricas, cada fila se corresponde con una de las características que se están evaluando, que está relacionada con un estándar de aprendizaje. Las columnas en cambio muestran las condiciones para alcanzar diferentes puntuaciones en cada característica. La suma total de todas las

características de la rúbrica es del 100%. La puntuación otorgada para cada estudiante en cada rúbrica será la suma de la puntuación que obtenga en cada característica ponderada por el valor de cada característica en el total de la rúbrica.

En cuanto a las escalas de valoración, también aquí las características que se están evaluando están relacionadas con los estándares de aprendizaje. En este caso, todas las características tienen el mismo peso, y sus puntuaciones posibles son 5: 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. El resultado final será la suma ponderada de todas ellas.

La nota final de los estudiantes para cada actividad se obtiene sumando la puntuación obtenida en la escala de valoración de la actividad ponderada al 30%; y la puntuación obtenida en la rúbrica de la actividad ponderada al 70%.

3.4 Evaluación de la propuesta

Para la evaluación de la propuesta se usan una serie de instrumentos que la valoran desde distintos puntos de vista. Es conveniente recordar que el fin último de la propuesta, lo que realmente le da valor, es la creación de alternativas metodológicas —basadas en las metodologías ABP e investigación dirigida—, que despierten el interés de los alumnos en el aprendizaje de unos contenidos del currículo de física y química de 2º de ESO. Por tanto, no sólo es importante evaluar la intervención bajo el enfoque de la ejecución técnica de las metodologías seleccionadas, sino que también es de vital importancia evaluar la propuesta desde el punto de vista de su eficacia en la consecución de los aprendizajes y en la generación de interés hacia el estudio de la física y química.

Con el fin de cubrir todos estos puntos se han ideado 2 instrumentos de evaluación para la propuesta: escalas de valoración para la autoevaluación de la práctica docente, y encuestas de satisfacción para la evaluación por parte de los discentes. Al igual que en el apartado anterior de evaluación a los estudiantes, los instrumentos concretos para la evaluación de la propuesta serán diferentes para el bloque 1 de actividades (bajo metodología ABP), y el bloque 2 (bajo metodología de investigación dirigida).

En la Tabla 16 puede observarse la escala de valoración para la práctica docente de las actividades 1 y 2. La escala es numérica, de 1 a 5, siendo 1 "muy en desacuerdo" y 5 "muy de acuerdo".

Tabla 16. Escala de valoración para la práctica docente de las actividades 1 y 2.

	1	2	3	4	5
Fue sencillo poner la metodología en práctica y seguir los pasos planificados					
No se aprecia un gran desfase temporal entre el tiempo planificado y el ejecutado en la práctica					
Los estudiantes entendieron los pasos de la metodología					
Se percibió que los estudiantes mostraron interés por el rol de ingeniero de diseño					
La metodología permitió que fuesen los propios estudiantes quienes construyesen su conocimiento					
Las intervenciones del profesor para encauzar la investigación fueron mínimas					
Los estudiantes trabajaron en equipo					
Los estudiantes se mostraron participativos					
Los estudiantes mostraron interés por los criterios no técnicos de elección del material (enfoque CTSA)					

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 17 puede observarse la escala de valoración para la práctica docente de las actividades 3 y 4. La escala es numérica, de 1 a 5, siendo 1 "muy en desacuerdo" y 5 "muy de acuerdo".

Tabla 17. Escala de valoración para la práctica docente de las actividades 3 y 4.

	1	2	3	4	5
Fue sencillo poner la metodología en práctica y seguir los pasos planificados					
No se aprecia un gran desfase temporal entre el tiempo planificado y el ejecutado en la práctica					
Los estudiantes entendieron los pasos de la metodología					
Se percibió que los estudiantes mostraron interés por el rol de investigador novel					
La metodología permitió que fuesen los propios estudiantes quienes construyesen su conocimiento					
Los estudiantes mostraron interés y creatividad en la formulación de hipótesis y el diseño de experimentos					
Las intervenciones del profesor para encauzar la investigación fueron mínimas					
Los estudiantes trabajaron en equipo					
Los estudiantes se mostraron participativos					
Los estudiantes mostraron interés por el enfoque histórico en la actividad 4					

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 18 puede observarse la encuesta de satisfacción para la evaluación por parte de los estudiantes de las actividades 1 y 2. La escala es numérica, de 1 a 5, siendo 1 "muy en desacuerdo" y 5 "muy de acuerdo".

Tabla 18. Encuesta de satisfacción para la evaluación de los estudiantes de las actividades 1 y 2.

	1	2	3	4	5
Las explicaciones de cómo realizar las actividades eran claras					
He seguido sin dificultad todos los pasos de la metodología					
Me ha parecido interesante el trabajo de ingeniero de diseño					
Me ha parecido interesante trabajar en grupos					
Me he sentido con confianza al llevar a cabo la investigación					
El uso de ejemplos de la vida real me ha ayudado a entender mejor los conceptos					
Prefiero esta forma de aprender que la tradicional					
He encontrado utilidad a los conceptos aprendidos en mi vida cotidiana					

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 18 puede observarse la encuesta de satisfacción para la evaluación por parte de los estudiantes de las actividades 3 y 4. La escala es numérica, de 1 a 5, siendo 1 "muy en desacuerdo" y 5 "muy de acuerdo".

Tabla 19. Encuesta de satisfacción para la evaluación de los estudiantes de las actividades 3 y 4.

	1	2	3	4	5
Las explicaciones de cómo realizar las actividades eran claras					
He seguido sin dificultad todos los pasos de la metodología					
Me ha parecido interesante el trabajo del investigador científico					
Me ha parecido interesante trabajar en grupos					
Me he sentido cómodo teniendo que formular hipótesis					
Me he sentido cómodo trabajando en el laboratorio					
El uso de ejemplos de la vida real me ha ayudado a entender mejor los conceptos					
Prefiero esta forma de aprender que la tradicional					
He encontrado utilidad a los conceptos aprendidos en mi vida cotidiana					
He encontrado interesante la historia de Arquímedes y como usó la ciencia para resolver su problema					

Fuente: elaboración propia

4 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una propuesta de intervención para la enseñanza de contenidos de los bloques 1 y 2 de física y química de 2º de ESO mediante actividades que siguen las metodologías de aprendizaje basado en problemas (ABP) e investigación dirigida. Con el fin de lograr despertar el interés de los estudiantes, se ha impregnado a las actividades de un enfoque en ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), y de un enfoque histórico.

A lo largo de los diferentes apartados de este trabajo se han ido presentando una serie de informaciones que contestan a los objetivos propuestos en la introducción. En los siguientes párrafos se resumen las aportaciones principales de los diferentes apartados que han contribuido a la consecución de estos objetivos.

En el apartado de introducción se han presentado diferentes referencias bibliográficas que han dado la voz de alerta sobre la falta de interés de los estudiantes españoles hacia el estudio de física y química. Para paliar este problema se indican como posibles soluciones la implementación de nuevas metodologías como el ABP o la investigación dirigida, al tiempo que se recomienda el uso de enfoques CTSA o históricos.

Al estudiar las metodologías de ABP e investigación dirigida para este trabajo, se han encontrado numerosas fuentes que avalan su uso para la enseñanza de física y química en secundaria. En los diferentes subapartados del marco teórico se han presentado los puntos esenciales de ambas metodologías, las ventajas e inconvenientes que presentan, y los pasos para implementarlas. Se han encontrado autores que avalan el uso conjunto de ambas metodologías y se han presentado ejemplos de casos de éxito donde se pusieron en práctica estas metodologías. En mi opinión, la ventaja principal que presentan tanto el ABP como la investigación dirigida es su capacidad para aumentar la motivación de los estudiantes a aprender, principalmente debido al cambio de rol que adquieren, que les obliga a ser constructores de su propio conocimiento. Por otra parte, creo que el hecho de que ambas metodologías se combinen tan bien es fruto de su inspiración común en el método científico, y por tanto, son metodologías ideales para la enseñanza de la física y química, una materia cuyos cimientos descansan precisamente en el método científico.

Respecto a los enfoques CTSA e histórico, en el marco teórico se presentan fuentes que avalan su uso para conseguir el objetivo de despertar el interés de los discentes hacia las ciencias, y se exponen ejemplos de su uso en combinación con las metodologías de ABP e investigación dirigida. En mi opinión, la principal ventaja que se consigue con el enfoque CTSA es el de contextualizar la ciencia, lo cual supone un extra de motivación para los estudiantes de cara a su apetencia por la educación en ciencias. Gracias a este enfoque, los discentes pueden ver como la física y química no es algo abstracto y ajeno a su realidad, sino todo lo contrario, algo que les rodea en su día a día y que puede ser muy interesante. En cuanto al enfoque histórico, creo que su principal ventaja es la de que sirve como una herramienta de desmitificación, permitiendo a los estudiantes descubrir que los conceptos que se les presentan no son simple conocimiento acumulado, sino que llegar hasta ese conocimiento empleó el trabajo y la dedicación de muchas personas, y que por el camino se desterraron muchas explicaciones que en su día parecían dogmas. Situar los grandes problemas científicos en el contexto en que fueron solucionados creo que acerca a los estudiantes a la ciencia y humaniza a los científicos, rompiendo el mito de la ciencia como algo reservado exclusivamente para genios.

Por todo lo anterior podemos concluir que desde un punto de vista teórico, la tesis sostenida en este trabajo es totalmente válida, y por tanto, una propuesta de intervención basada en las metodologías ABP e investigación dirigida con enfoque CTSA e histórico sería una alternativa perfecta para el aprendizaje de los contenidos de física y química seleccionados.

En el apartado específico sobre la propuesta de intervención, se han presentado 4 actividades diferentes basadas en las metodologías objeto de estudio. A las actividades se les ha dado siempre un enfoque CTSA, y en ocasiones, un enfoque histórico. Estas actividades han sido cuidadosamente diseñadas para conseguir los objetivos didácticos seleccionados del bloque 2 de física y química de 2º de ESO, al tiempo que se ha dado la oportunidad a los estudiantes de desarrollar otras competencias y de trabajar los contenidos del bloque 1. Las actividades siguen los pasos clave de las metodologías estudiadas, pero además, han sido adaptadas al contexto del centro escolar para el que se diseñó esta propuesta. En este sentido, cabe destacar el uso del ferrocarril como hilo conductor de las actividades, en un instituto localizado en una población en la que el tren ha jugado un papel fundamental en su historia moderna. En mi opinión, y teniendo en cuenta las fuentes presentadas en la introducción y el marco teórico, el hecho de acercar las

actividades a la realidad personal de los discentes es uno de los grandes éxitos de este trabajo.

Finalmente, los apartados sobre evaluación presentan tanto la forma de evaluar a los alumnos durante las actividades, como la forma de evaluar la práctica docente, la puesta en funcionamiento de las metodologías y la efectividad práctica de las mismas. Cabe destacar que en este último punto, se hace hincapié no sólo en la consecución de los objetivos didácticos, sino también en la posibilidad de despertar el interés de los estudiantes hacia las ciencias.

En resumen, se puede concluir que esta propuesta de intervención cumple los objetivos generales y específicos que se pretendían.

5 Limitaciones y prospectiva

En lo que se refiere a las limitaciones, es conveniente señalar primero la falta de tiempo para la realización de este trabajo. No hay que olvidar que la redacción del trabajo fin de máster está acotada a un cuatrimestre en el que además se ha de compaginar su realización con las prácticas del máster y las ocupaciones personales del estudiante, que en este caso incluyen una jornada laboral completa en un sector distinto al de la educación.

En lo que se refiere a la investigación teórica, otra limitación ha sido la dificultad para encontrar ejemplos prácticos en la bibliografía sobre la aplicación de las metodologías de ABP e investigación dirigida en la materia de física y química en la etapa de ESO, combinadas con un enfoque CTSA e histórico. En este sentido, alguno de los escasos ejemplos encontrados tuvieron que ser rechazados en la discusión teórica por tratarse de fuentes escasamente citadas y poco relevantes.

En lo que se refiere a la creación de la propuesta práctica, la principal limitación fue la imposibilidad de probar las actividades ideadas con alumnos reales en un escenario real. Todo lo aquí diseñado es teórico, y por tanto aunque sobre el papel parece que debería funcionar, está limitado a su puesta en funcionamiento.

Respecto a la prospectiva, la primera acción a tomar sería la puesta en funcionamiento de la propuesta en un aula real. A partir de aquí, probablemente habría que realizar ciertas modificaciones sobre la misma para mejorarla. Por ejemplo, probablemente la temporalización de las tareas de cada actividad sea mejorable.

En un segundo momento, sería interesante evaluar la posibilidad de ampliar la propuesta a otros contenidos del bloque 2, y en un tercer paso, ampliar la propuesta a otros contenidos de otros bloques.

6 Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Revista Borrador*, 13, 26-30.
- Andrade, R. (2000). Arquímedes e a coroa do rei: problemas históricos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 17(2), 115-121.
- Caamaño, A., (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. *Aula de innovación educativa*, 9, 61-68.
- Caamaño, A. (2002). ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos. *Aula de innovación educativa*, 113, 21-26.
- Campanario, J. M. (1998). Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11, 5-14.
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.
- Esteban, M. (2011). Del “Aprendizaje Basado En Problemas” (ABP) al “Aprendizaje Basado En La Acción” (ABA). Claves para su complementariedad e implementación. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 9(1), 91.
- Furió-Mas, C., Vilches, A., Aranzabal, J. G., y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(3), 365-376.
- Furió, C., y Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(2), 319-334.
- Furió, C., Azcona, R., y Guisasola, J. (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(1), 43-58.

- García-Valcárcel, A., Basilotta, V. y López, C. (2014). Las TIC en el aprendizaje colaborativo en el aula de Primaria y Secundaria. *Comunicar*, 21(42), 65-74.
- González-Hernando, C, Martín-Villamor, P. G., Souza, M., Martín-Duránte, N., y López-Portero, S.. (2016). Ventajas e inconvenientes del aprendizaje basado en problemas percibidos por los estudiantes de Enfermería. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 19(1), 47-53. Recuperado en 07 de octubre de 2019, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2014-98322016000100009&lng=es&tlng=es.
- Latasa, I., Lozano, P., y Ocerinjauregi, N. (2012). Aprendizaje Basado en Problemas en Currículos Tradicionales: Beneficios e Inconvenientes. *Formación universitaria*, 5(5), 15-26.
- Llorens-Molina, J. A. (2010). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. *Química Nova*, 33(4), 994-999.
- López, C. L. (2017). Aprendizaje basado en problemas y trabajo práctico de laboratorio: visiones científicas en estudiantes de grado undécimo. *Revista del sistema de práctica pedagógica y didáctica PPDQ Boletín* 56 15-27.
- Martínez, J., Domènech, J. L., Menargues, A. y Romo, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación química*, 23, 112-126.
- Membiela, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 15(1), 51-57.
- Meroni, G., Copello, M. I. y Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación química*, 26(4), 275-280.
- Moya, A., Chaves, E., y Castillo, K. (2011). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Revista Ensayos Pedagógicos Vol. VI, N° 1* 115-132
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13, 145-157.

- OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2016). PISA 2015. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español. Madrid: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Pessoa, A. M., y Castro, R. S. (1992). La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza de física en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 10(3), 289-294.
- Pinto, G., Llorens, J. A., y Oliver-Hoyo, M. T. (2009). Físicoquímica de las bebidas "autocalentables": ejemplo de aprendizaje basado en problemas. En *Anales de la Real Sociedad Española de Química* (No. 1, pp. 50-56). Real Sociedad Española de Química.
- Ríos, E., y Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(1), 32-55.
- Sanmartín, I., y Lloret, A. (2016, Julio). Prácticas de laboratorio alineadas con el diseño de un proyecto de investigación mediante metodología docente ABP: el proyecto Agua de Fagos. En *In-Red 2016. II Congreso nacional de innovación educativa y docencia en red*. Editorial Universitat Politècnica de València.
- Solbes, J., y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(1), 103-112.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.
- Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Díaz, J. A. y Manassero-Mas, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1-30.
- Vásquez, E., Becerra, A., y Ibáñez, S. X. (2014). La investigación dirigida como estrategia para el desarrollo de competencias científicas. *Revista científica N° 18* 76-85

- Vilches, A., Gil, D., y Praia, J. (2011). De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. *CTS e Educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*, 161-184.
- Villalobos, V., Ávila, J. E., Olivares, O. y Lizett, S. (2016). Aprendizaje basado en problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 21(69), 557-581.

7 Anexos

7.1 Anexo 1

Referencias de los vídeos a exponer en las actividades:

De Palma, B. (1996) *Misión Imposible* (película).
<https://www.imdb.com/title/tt0117060/>

Barillé, A. (1994) *Érase una vez... los inventores* (serie de Tv). *Capítulo Arquímedes y los griegos*. Recuperado de Youtube el 30 de octubre de 2019
<https://www.youtube.com/watch?v=JxrwpyywpOs>