



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Utilización de prácticas de laboratorio como herramienta para la enseñanza de la Física y la Química

Autor/es

ISMAEL COMPAÑON PÉREZ

Director/es

FRANCISCO CORZANA LÓPEZ

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario de Profesorado, especialidad Física y Química

Departamento

QUÍMICA

Curso académico

2019-20



Utilización de prácticas de laboratorio como herramienta para la enseñanza de la Física y la Química, de ISMAEL COMPAÑON PÉREZ

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© El autor, 2020

© Universidad de La Rioja, 2020

publicaciones.unirioja.es

E-mail: publicaciones@unirioja.es

Trabajo de Fin de Máster

Utilización de prácticas de laboratorio como herramienta para la enseñanza de la Física y la Química

Autor

Ismael Compañón Pérez

Tutor: Francisco Corzana López

MÁSTER:

Máster en Profesorado, Física y Química (M02A)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2019/2020

1. RESUMEN/ABSTRACT	3
2. INTRODUCCIÓN	5
3. OBJETIVOS	9
3.1. Objetivo general	9
3.2. Objetivos específicos	9
4. MARCO TEÓRICO	11
4.1. Desarrollo histórico de la experimentación en el aula	11
4.2. Objetivos de la metodología de enseñanza-aprendizaje experimental .	13
4.3. Estilos de enseñanza-aprendizaje experimental	16
4.4. La efectividad de la metodología de enseñanza-aprendizaje experimental.....	17
5. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	21
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA.....	23
6.1. Actividad de divulgación científica “Soy químico por un día”	23
6.1.1. Contextualización y contenidos	24
6.1.2. Objetivos.....	24
6.1.3. Competencias.....	25
6.1.4. Criterios de evaluación	25
6.1.5. Estándares de aprendizaje evaluables	26
6.1.6. Metodología	26
6.1.6.1. Participantes.....	26
6.1.6.2. Lugar de trabajo y organización del espacio	26
6.1.6.3. organización de las actividades.....	27
6.2. Utilización del teléfono inteligente como instrumental para la experimentación en Física	36

6.2.1. Contextualización y contenidos	36
6.2.2. Objetivos.....	37
6.2.3. Competencias	38
6.2.4. Criterios de evaluación	38
6.2.5. Estándares de aprendizaje evaluables	39
6.2.6. Metodología	40
6.2.6.1. Participantes.....	40
6.2.6.2. Lugar de trabajo y organización del espacio	40
6.2.6.3. organización de las actividades.....	40
6.3. Medidas de atención a la diversidad	44
6.4. Evaluación	45
6.4.1. Evaluación sumativa	45
6.4.2. Evaluación de la propuesta	45
7. DISCUSIÓN	47
8. CONCLUSIONES.....	49
9. BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXO I.....	55
ANEXO II.....	57

1. RESUMEN/ ABSTRAD

1.1. Resumen

En general, el uso de la experimentación en el marco de los procesos de enseñanza-aprendizaje en secundaria ha sido relativamente escasa. Este hecho ha venido motivado por aspectos como la falta de infraestructura en los centros de enseñanza, la necesidad de una inversión de tiempo del que a veces no se dispone o incluso la percepción de que no resulta útil para el aprendizaje. Sin embargo, su incorporación es conveniente dada la necesidad de inculcar un uso práctico de la ciencia y mejorar la percepción del alumnado acerca de las asignaturas de carácter científico.

Por este motivo, se propone la realización de varias actividades en el laboratorio para trabajar contenidos de Física y Química en 4º de Educación Secundaria Obligatoria. Esta propuesta se basa en la metodología didáctica denominada aprendizaje basado la experimentación, la cual permite una mayor implicación del estudiante dentro de su propio proceso de aprendizaje (aprendizaje activo), además de resultar más atractiva y por ello facilitar el acercamiento de la ciencia al alumnado.

Palabras clave: aprendizaje, experimentación, Física y Química.

1.2. Abstract

In general, the use of experimental activities in the context of teaching-learning processes in secondary school has been scarce. This has been motivated by aspects such as the lack of infrastructure in schools, the fact that this is a time-demanding task for the teacher or even the perception that this methodology it is not useful for learning. However, the use of this approach is convenient, given the necessity to instil the importance of experiments in science and improve the perception of students about scientific subjects.

For this reason, the main objective of this work is to develop several experimental activities in the lab to work on Physics and Chemistry contents in 4th year of secondary education. This proposal is based on the didactic methodology, so-called experimentation-based learning, which allows a higher degree of involvement of the student within their own learning process (active

learning) and results in a more attractive methodology to approach science to students.

Key words: learning, experimentation, Physics and Chemistry.

2. INTRODUCCIÓN

Dentro del conjunto de las asignaturas de ciencias, las asignaturas que tradicionalmente presentan mayor dificultad de aprendizaje para los estudiantes son las relacionadas con la Física y la Química. Además, esto es así independientemente del nivel educativo en el que se encuentren los estudiantes. De manera generalizada, se ha considerado erróneamente que para obtener buenas calificaciones en este campo del conocimiento, es necesario presentar unas características cognitivas fuera de la norma, lo que hace aún menos atractivo enfrentarse a estas asignaturas.

Hoy en día, toda la sociedad, vive inmersa en un mundo de elevado contenido científico, en donde la innovación científica constituye un pilar fundamental en el desarrollo económico de la misma. Por ello, es necesario que la enseñanza en ciencias no se centre exclusivamente en la transmisión de contenidos, sino que consiga una mejor comprensión del entorno social, político, económico y tecnológico (Alfaro, 1999).

Por tanto, es indispensable conseguir que los contenidos curriculares presentes en los programas de estudio, así como las técnicas de enseñanza-aprendizaje usadas en el entorno escolar, respondan de manera adecuada a las expectativas de los estudiantes y a las necesidades de la sociedad.

Lo primero de todo es identificar que en nuestro país existen problemas por parte del alumnado en la aceptación y comprensión de las asignaturas de ciencias. La baja calificación de 483 puntos obtenida en el informe pisa de 2018 muestra la existencia de tales problemas. Además, comparando este resultado con la calificación obtenida en 2015 se observa una clara tendencia negativa de la misma. Por ello, se hace indispensable un modelo de enseñanza-aprendizaje innovador que consiga que los estudiantes sientan más motivados en su aprendizaje, ya que son estas disciplinas las que, en mayor medida, les ayudarán a comprender mejor el mundo tecnológico que les rodea.

Por otro lado, el auge de las *pseudociencias* avanza actualmente cada vez a mayor velocidad debido, fundamentalmente, a la contribución de las redes sociales. En este sentido, no es adecuado saturar de información y conocimientos a los estudiantes, sino que es indispensable enseñarles a

aprender y a juzgar de manera crítica la información que les pueda llegar por diversas fuentes. En cuanto a los conocimientos científicos se refiere, el estudiante no puede memorizarlo todo, y aunque pudiera hacerlo, esto no tendría poco sentido. Lo realmente importante es orientarlo en el desarrollo del razonamiento y su capacidad de análisis. Esto es difícil conseguirlo mediante la utilización de un proceso de enseñanza-aprendizaje pasivo. Por el contrario, existen más posibilidades de alcanzarlo exponiendo a los niños y jóvenes a experiencias que sean diferentes y novedosas mediante la implementación del aprendizaje activo. En este sentido, ¿por qué transmitir un concepto o ley de la Química únicamente con el uso de la pizarra cuando se podría realizar un pequeño experimento en el aula o en un laboratorio?

La respuesta a esta pregunta viene influenciada por la falsa creencia de que para enseñar Ciencia desde una perspectiva experimental se requiere de una gran inversión en recursos materiales, infraestructura y tiempo. Sin embargo, existen una gran cantidad de experimentos sencillos que permiten que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea más atractivo, dinámico y realista y además, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han permitido la aparición de los Laboratorios Virtuales y Remotos (Cefalo et. al. 2003; Sánchez, 2002; Dormido, 2004; Casini et. al. 2004), lo que puede facilitar en gran medida su implementación en la enseñanza

Los procedimientos de la enseñanza por descubrimiento guiado implican tanto proporcionar a los estudiantes oportunidades para manipular activamente objetos y transformarlos por la acción directa, como actividades para buscar, explorar y analizar. Estas oportunidades, además de incrementar el conocimiento de los estudiantes acerca de un tema concreto, estimulan su curiosidad a la vez que ayudan a desarrollar estrategias para aprender a aprender y a descubrir el conocimiento en otras situaciones (Good y Brophy, 1995). Considerando que no hay una comprensión efectiva hasta el momento en el que el alumno aplique dicho conocimiento en otras situaciones, aprender implica describir e interpretar la situación, establecer relaciones entre los factores relevantes, seleccionar, aplicar reglas, métodos, y construir sus propias conclusiones (Bruner, 1980).

Por otra parte, en el área del conocimiento, la ciencia y la tecnología también son protagonistas de los cambios que se vienen produciendo en los últimos tiempos. La sociedad y los medios de comunicación, entre otros, median la interacción de las personas con los diferentes productos tecnológicos y conocimientos científicos (Malacarne, 2005). En la actualidad, la tendencia mundial es conseguir un entendimiento global de la ciencia aplicada, lo que implica cambios en el método educativo que proporcionen a los estudiantes procesos de integración que a su vez les permita acceder al mundo y participar en él (Vázquez, et. al., 2008).

El aprendizaje significativo de contenidos científicos requiere de procesos que permitan cambios en las estructuras conceptuales. Es, en este sentido, donde son favorables las estrategias para favorecer el aprendizaje de la ciencia como producto de la interacción con el mundo (Pozo y Gómez, 1998).

La aplicación de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales resulta interesante ya que provoca la expectativa y la incertidumbre de qué sucederá, acaparando la atención del alumno. En este sentido, la experimentación como propuesta pedagógica para la creación de situaciones de aprendizaje significativo, resulta novedosa, siempre y cuando se procure que las secuencias didácticas sean creativas, divertidas, tengan un trasfondo educativo y guarden relación con el contenido que se esté abordando.

La ciencia y la tecnología son también una herramienta motivacional para que el alumno siga aprendiendo. Para poder realizar los experimentos se requiere atención a las indicaciones previas a su elaboración, el trabajo en equipo y la responsabilidad a lo hora de traer al campo experimental los materiales necesarios. Esto permite que el alumno desarrolle actitudes como el trabajo en equipo, la responsabilidad en el cumplimiento de las tareas y en general el interés por la ciencia (Mayra, 2008).

En definitiva, el interés del presente trabajo es implementar la eficacia del aprendizaje por experimentación como método de enseñanza para favorecer el aprendizaje de contenidos de ciencia entre estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Como objetivo general se pretende implementar el método de aprendizaje por experimentación mediante la realización de una serie de prácticas de laboratorio. Mediante la aplicación de esta metodología se pretende consolidar una parte de los contenidos adquiridos en la asignatura troncal de Física y Química de 4º de Educación Secundaria Obligatoria.

3.2. Objetivos específicos

El objetivo anterior engloba y requiere otros objetivos de carácter más específico, como son:

- Aumentar el rendimiento académico de los alumnos, así como su motivación para el aprendizaje de la ciencia.
- Mejorar su percepción hacia la asignatura de Física y Química como parte del conjunto de materias de contenido científico.
- Desarrollar un espíritu crítico con respecto a la información proporcionada por los diferentes medios de comunicación sobre las pseudociencias.
- Diseñar un conjunto de prácticas de laboratorio de fácil implementación en el aula o de un laboratorio sencillo.
- Identificar los principales problemas con los que se pueden encontrar los docentes en la aplicación del aprendizaje por experimentación en un entorno escolar.

4. MARCO TEÓRICO

En este apartado del presente Trabajo Fin de Máster se presenta el marco teórico en el que quedará encuadrada la propuesta, así como los estudios más relevantes sobre el aprendizaje por experimentación, ahondando en las principales metodologías que lleva asociadas, los requisitos que conlleva. Finalmente, se plantearán las ventajas y desventajas que puede llegar a ofrecer esta metodología.

4.1. Desarrollo histórico de la experimentación en el aula

La Química moderna surgió con los trabajos experimentales de Lavoisier en el siglo XVIII, siendo entonces cuando se sistematizó su enseñanza en los estudios de pregrado, para responder a las demandas de una sociedad industrial emergente. Surgieron, por lo tanto, los primeros profesores de Química en diferentes lugares de Estados Unidos, Inglaterra y Francia. Sin embargo, la enseñanza sistemática del laboratorio no se introdujo hasta inicios del siglo XIX con Thomas Thomson, enfatizándose el desarrollo de habilidades relacionadas con la investigación y la industria (Johnstone, 1993).

Hasta la fecha, han sido varios los estudios acerca de la importancia de las prácticas de laboratorio para el aprendizaje de las ciencias como la Química, la Física y la Biología (Valdés, 1996, Domin, 1999, Reigosa y Jiménez, 2000, Seré, 2002).

Cuevas (1913) ya realiza una propuesta didáctica que está de acuerdo con los actuales criterios metodológicos de la enseñanza de las materias de ciencia. En este sentido, el autor plantea que la adquisición de conocimientos no es suficiente para un correcto aprendizaje de este tipo de asignaturas, si no se complementa con la formación en el hábito científico. Por tanto, la metodología se debe basar en el trabajo personal del alumnado, el cual realiza experimentos propuestos por el docente, así como la construcción del propio material en el laboratorio. Estos criterios aparecieron publicados en varios artículos del Boletín de la Institución Libre de Enseñanza, en los cuales se hacía alusión al modelo de docencia del mencionado profesor. Estos modelos de enseñanza están basados en la conversación del profesor con sus alumnos, los cuales debían llevar a cabo un trabajo individual fundamentado en la búsqueda de soluciones

a un determinado problema recibiendo únicamente algunas orientaciones por parte del profesor y convirtiéndose así en artífices de su propio conocimiento.

En la actualidad se considera que los alumnos tienen bagajes muy diferentes que dependen del contexto sociocultural y de la amplia diversidad los ritmos y condiciones personales, de manera que la evolución de los esquemas de conocimiento y procesos de desarrollo y aprendizaje son distintos. En este sentido, los docentes deben buscar estrategias didácticas alternativas que faciliten el aprendizaje junto a la programación de actividades de distintos tipos, que puedan servir para todo el alumnado. Además, se deben intentar emplear otras fórmulas, como los agrupamientos flexibles de los alumnos, la organización y aprovechamiento adecuados de espacios y la utilización de materiales didácticos diversos.

Otros autores como Modesto Bargalló Ardevol afirman que la observación es el primer paso para que el alumnado aprenda los conceptos científicos, pasando del estudio de lo general a lo particular, fomentando la investigación con materiales de uso cotidiano (Bargalló 1922). En la actualidad, se siguen esos criterios, incidiendo en la necesidad de que los materiales que deben utilizarse en las experiencias deben ser sencillos, evitando una dependencia excesiva del material de laboratorio y así favorecer las destrezas manuales, las técnicas y habilidades científicas. Por último, el alumnado debe estar capacitado para elaborar las conclusiones de su trabajo, que también le servirán de reflexión para valorar sus progresos.

Aunque la enseñanza del laboratorio de ciencias tuvo un particular auge con énfasis en los trabajos experimentales a comienzos del siglo XX, entró en conflicto en los años veinte y treinta debido a la importancia que se le comenzó a otorgar a las demostraciones sin evidencias pedagógicas justificables (Pickering, 1993). No obstante, el lanzamiento del Sputnik en 1957 dio un empuje a la enseñanza de las ciencias en los años sesenta (Brock, 1998), resurgiendo la enseñanza experimental del laboratorio, ahora centrada en el método por descubrimiento, el cual se ve reflejado en materiales como el CHEMStudy (Hofstein, 2004). Sin embargo, esto primó el estudio de la ciencia a niveles macroscópicos y representacionales de la Química, dejando a un lado el nivel

submicroscópico, el cual es fundamental en la Química moderna (Johnstone, 1993).

A pesar de esta vuelta de la metodología experimental en la enseñanza de la ciencia en los años sesenta, se observa que en la década de los 70 decrece el interés hacia el trabajo en los laboratorios (Pickering, 1993). Se comienza a cuestionar tanto la efectividad como los objetivos de la experimentación como herramienta didáctica (Hofstein y Lunetta, 2004). Parte de este desánimo estaba asociado a los desacuerdos existentes sobre los objetivos del trabajo del laboratorio, “el caótico trabajo de laboratorio” (Barberá y Valdés, 1996, p. 365), algo que ya se había postulado a finales del siglo XIX. Sin embargo, el debate que surgió sobre la eficacia de esta metodología abrió el camino para la investigación acerca de su efectividad en la enseñanza de las ciencias.

4.2. Objetivos de la metodología de enseñanza-aprendizaje experimental

La definición de los objetivos de la metodología de enseñanza-aprendizaje experimental ha generado debate y falta de consenso entre los expertos y de hecho, es todavía un área sobre la que se sigue investigando. Esta investigación se centra en el análisis de diversos factores, siendo los más relevantes los siguientes: el enfoque de enseñanza, el tipo de actividad, el tipo de instrumento de evaluación, el nivel educativo al que se dirige la instrucción, el currículo a desarrollar, la correspondencia entre objetivos que se pretenden lograr y cómo lograrlos. Además, hay que considerar que una visión reduccionista de la metodología de enseñanza-aprendizaje mediante la experimentación entra en contradicción con una visión más amplia y general de la misma. En este sentido, los objetivos que se plantean con dicha metodología están determinados por el punto de vista que tiene el docente y por la propia visión de los estudiantes que muchas veces no es la misma, como lo han podido demostrar algunas investigaciones (Barberá y Valdés, 1996).

Kirschner (1992) alega tres motivos, y a la vez los cuestiona, para la utilización de las prácticas de laboratorio en la enseñanza y aprendizaje de los contenidos de ciencia:

1. La práctica sirve a la teoría científica, por lo que se centra en actividades que la verifican con el manejo de instrumentos y la realización de experimentos

que, en principio, nunca fallan. Sin embargo, esto último no ayuda a asimilar los verdaderos hábitos y destrezas que poseen los verdaderos científicos.

2. Se le ha atribuido al descubrimiento una asociación con el aprendizaje significativo. Sin embargo, algunos autores como Ausubel, Novak y Hanesian (1983) y Hodson (1994) concluyen que realmente esta atribución no tiene un verdadero fundamento pedagógico.

3. El trabajo empírico proporciona mayor comprensión de los conceptos científicos. Sin embargo, esto último es cuestionable debido a que la observación requiere de unas ideas bien estructuradas en la mente del observador. El significado de los conceptos no está en la experiencia si no al revés (Kirschner, 1992). Esto puede estar en consonancia con el hecho de que la explicación que dan los estudiantes a fenómenos que observan en su vida cotidiana no coincide con las explicaciones científicas construidas sobre la base de nociones y teorías abstractas.

Uno de los problemas de la introducción de la experimentación en las clases de ciencia consistía en que los objetivos perseguidos por tales actividades no diferían significativamente los objetivos planteados para las clases teóricas. De hecho, hasta mediados de los años noventa, se señalaba que los trabajos de laboratorio tenían como objetivos principales generar motivación, comprobar teorías y desarrollar destrezas cognitivas de alto nivel (Barberá y Valdés, 1996).

Con idea de solventar este problema, Barberá y Valdés (1996) propusieron cuatro objetivos que consideraron característicos del trabajo práctico y que por lo tanto únicamente pueden lograrse a través de este:

- a) proporcionar experiencia directa sobre fenómenos.
- b) permitir contrastar la abstracción científica ya establecida con la realidad que pretende describir.
- c) desarrollar competencias técnicas.
- d) desarrollar el razonamiento práctico.

Igualmente, Caamaño (2005) propone cinco funciones del trabajo experimental:

- a) función ilustrativa de los conceptos.

- b) función interpretativa de las experiencias.
- c) función de aprendizaje de métodos y técnicas de laboratorio.
- d) función investigativa teórica relacionada con la resolución de problemas teóricos y construcción de modelos.
- e) función investigativa práctica relacionada con la resolución de problemas prácticos.

Por otro lado, los trabajos de Séré (2002a, 2002b), los cuales fueron realizados en la década de los noventa en países europeos como Dinamarca, Francia, Alemania, Inglaterra, Grecia, Italia y España, consiguieron arrojar luz sobre el papel de la experimentación en el área de Química, Física y Biología, al revelar que:

- a) el conocimiento conceptual/teórico debe estar presente en todo el trabajo de laboratorio y su efectividad está en aplicarlo correctamente, por lo que es necesario comenzar a ver la teoría al servicio de la práctica y no al revés, como se ha venido haciendo;
- b) los métodos, procedimientos y destrezas no deben ser un pretexto para enseñar conocimiento teórico; más bien, el conocimiento procedimental se debe usar como herramienta para generar autonomía en trabajos abiertos y proyectos.
- c) el logro de objetivos epistemológicos para el desarrollo de una visión adecuada de la ciencia requiere contextos particulares y una acción interdisciplinaria.

Por otra parte, bajo este último enfoque, la experimentación en grupos de trabajo permite a los estudiantes discutir, razonar y comparar los resultados. De esta manera, se tiene la oportunidad de vivir un proceso real de resolución de problemas. Por último, es necesario remarcar que el docente debe tener una visión del trabajo experimental que esté en consonancia con esos objetivos, sin olvidar que muchas veces no coincide con la visión que tienen los alumnos.

4.3. Estilos de enseñanza-aprendizaje experimental

A continuación se resumen los diferentes estilos de enseñanza-aprendizaje experimental en ciencias que se han encontrado en la bibliografía por orden cronológico.

De acuerdo a Moreira y Levandowski (1983):

- Laboratorio programado: se trata de la realización de experimentos altamente estructurados.
- Laboratorio centrado en la estructura del experimento: en este caso se focaliza la enseñanza en el diseño de los experimentos.
- Laboratorio con enfoque epistemológico: Se basa en el uso heurístico de la V de Gowin para la resolución de problemas.

A juzgar por Kirschner (1992):

- Laboratorio formal o académico: se trata del laboratorio tradicional, estructurado, convergente o tipo “receta de cocina” y verificativo.
- Laboratorio experimental: se trata de un laboratorio abierto, inductivo, orientado al descubrimiento, con proyecto no estructurado. En este caso, se aborda un problema que suponga un reto para el estudiante pero cuyas actividades se puedan resolver dentro de las posibilidades materiales del laboratorio.
- Laboratorio divergente: se trata de una fusión entre el laboratorio académico y el experimental. Se maneja una información básica general para todos los estudiantes y el resto se deja de manera abierta con varias posibilidades de solución.

Conforme a Domin (1999):

- Expositivo: se trata del modelo tradicional o verificativo. Se usa un manual u hojas sueltas con un procedimiento tipo “receta de cocina” y resultados predeterminados.
- Por descubrimiento: se proporciona el procedimiento al alumno pero el resultado no está predeterminado.
- Indagatorio: al estudiante se le permite generar el procedimiento y encontrar un resultado que no está predeterminado.

- Por resolución de problemas: el estudiante genera el procedimiento y el resultado del trabajo es predeterminado.

El estilo expositivo del laboratorio se puede considerar equivalente al laboratorio programado y al laboratorio formal, los cuales son inadecuados para el aprendizaje de la estructura sintáctica de las ciencias. Por otro lado, las investigaciones realizadas sobre el enfoque por descubrimiento, el cual fue muy popular en los años sesenta, revelaron que resultó ser un fracaso debido a su fuerte arraigo inductivista, el cual ha recibido muchas críticas (Hodson, 1994).

Los otros estilos de enseñanza son formas de abordar el laboratorio que permiten a los alumnos realizar actividades prácticas basadas en la resolución de problemas o actividades de investigación, de una forma relativamente similar a los científicos, aunque no igual. Por un lado, el laboratorio centrado en la estructura del experimento puede considerarse equivalente al laboratorio con orientación investigadora. Por otro lado, tanto el enfoque investigador como el enfoque epistemológico permiten resolver problemas en el contexto del laboratorio.

A pesar de que todos estos enfoques generales pueden ser criticados, es necesario tener en cuenta que la experimentación en el laboratorio, dependiendo del tipo de enfoque, implica numerosas relaciones entre lo teórico y lo metodológico. Esto debe considerarse de manera especial cuando el experimento está orientado hacia la resolución de problemas, hacia una perspectiva investigativa o hacia trabajos abiertos para emular el que hacer científico.

En general, es necesario profundizar en investigaciones sobre estilos didácticos en el laboratorio, para así conocer su verdadero aporte sobre resultados específicos de aprendizaje en el área de la ciencia.

4.4. La efectividad de la metodología de enseñanza-aprendizaje experimental

En primer lugar, las investigaciones desarrolladas sobre el trabajo experimental tipo “receta de cocina” revelan que este enfoque tradicional resulta

poco beneficio para los estudiantes. A juzgar por Barberá y Valdés (1996), se ha sobreestimado su potencial didáctico en base a una serie de aspectos:

- a) el logro de un conocimiento y desarrollo de algunas competencias requeridas para la adquisición y fijación de las ideas y conceptos científicos.
- b) los efectos esperados en lo concerniente al desarrollo de destrezas.
- c) el manejo de los procesos de la ciencia como pueden ser identificar y plantear problemas, diseñar experiencias, establecer hipótesis y la obtención de predicciones propias.

Estas limitaciones podrían estar relacionadas con el papel pasivo que adopta el estudiante en el enfoque tradicional, ya que su participación en la experiencia está limitada a la aplicación de un procedimiento y a la obtención de una serie de resultados predeterminados. Debido a esto, no se plantean desafíos cognitivos ni se estimula la imaginación ni la creatividad. Esta situación llevó a que algunos autores, como Pickering (1993), a sugerir que se debía tomar una de las siguientes decisiones:

- a) Asumir las limitaciones y continuar con el método de aprendizaje experimental de la manera como se había estado haciendo.
- b) Eliminar la enseñanza del laboratorio, excepto para los estudiantes que pretendieran desarrollarse como científicos.
- c) Mejorar la enseñanza experimental investigando otros enfoques.

Afortunadamente, en la mayoría de los países se descartaron las dos primeras opciones y se optó por continuar investigando acerca de esta problemática para mejorar la enseñanza y aprendizaje del laboratorio.

Según Hodson (2005) una posible explicación del escaso éxito atribuido a los trabajos prácticos radica en seis razones:

1. No se clasifican correctamente los tipos de trabajos prácticos debido a que se colocan todos en una misma categoría.
2. El trabajo práctico generalmente está mal diseñado y ejecutado.
3. Las habilidades prácticas de los docentes no son muy elevadas.

4. Los estudiantes no atienden las instrucciones de los docentes en la forma que se espera.
5. El experimento no siempre funciona de la manera esperada ya que no genera resultados o estos son erróneos.
6. La evaluación del trabajo experimental se realiza sobre los aspectos menos importantes de la actividad.

Cabe destacar que muchas de las investigaciones realizadas en relación con la efectividad del método de enseñanza-aprendizaje experimental han sido muy cuestionadas por ser metodológicamente confusas y que, por lo tanto, generan pocos resultados concluyentes (Hodson, 1994; Barberá y Valdés, 1996; Domin, 1999; Tenreiro-Vieira y Vieira, 2006). Esto podría atribuirse al escaso enfoque cuantitativo con el que se desarrollaron estas investigaciones (Domin, 1999) y a la falta de consenso sobre los objetivos de los trabajos de laboratorio.

En este sentido, aunque muchas de estas investigaciones sí que se han analizado de manera cuantitativa, como lo han señalado Hofstein y Lunetta (1982), es posible que no se hayan incluido ciertas variables que ayudarían a eliminar las contradicciones encontradas. Además, otro aspecto que no se debe obviar es el hecho de que los instrumentos de medición utilizados en muchas experiencias también han presentado limitaciones para medir lo que se ha pretendido en el laboratorio de enseñanza de las ciencias (Hofstein, 2004).

En relación con lo anterior, llama la atención que las investigaciones sobre la eficacia de la metodología de enseñanza-aprendizaje experimental en el área de la Química han sido particularmente controvertidas (Domin, 1999). El autor plantea que en un metaanálisis realizado con estudios que tenían una metodología adecuada, se encontró que los estudiantes del grupo de Química, a diferencia de los de Física y Geología, con los que se utilizaron enfoques alternativos, no mostraron una mejora significativa en el aprendizaje cognitivo en comparación con el grupo con el que se utilizó un enfoque tradicional.

Al respecto, cabe señalar que algunas investigaciones realizadas han contribuido a revelar que los estilos alternativos de enseñanza del laboratorio favorecen el aprendizaje. Entre estos trabajos están los de Andrés, Meneses y

Pesa (2007), Blanco (2001), Flores (2004), Franco de Duque (2000), Quezada (2006), Sanabria y Ramírez (2004) y Velázquez (2007).

Hasta el momento, se puede afirmar que la mayoría de las investigaciones apoyan las ventajas de los enfoques alternativos al tradicional (excepto el método por descubrimiento), aunque es necesario indagar sobre aspectos más específicos que permitan esclarecer la relación entre los diferentes enfoques y los resultados particulares de aprendizaje.

En este sentido, Caballero (2003) señala la utilidad de la teoría ausubeliana en la interpretación del aprendizaje significativo en el laboratorio a través de la resolución de problemas. En este punto, vale la pena considerar los avances del trabajo de Séré (2002b), en el que se indica que en el trabajo de laboratorio no es importante solo el “hacer” sino también el “aprender a hacer”, lo cual implica el uso de conocimiento conceptual y procedimental para el logro de objetivos específicos, por lo que hay que dar importancia a los procedimientos para generar autonomía y poner atención al desarrollo progresivo de la imagen de la ciencia.

5. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Durante los últimos años, se han introducido diferentes modificaciones en el sistema educativo de nuestro país con el fin de favorecer la implicación del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, se observa que los cambios respecto a los métodos de enseñanza anteriores han sido mínimos, y que en la mayoría de los centros escolares sigue predominando el uso de clases magistrales y el sistema de aprendizaje pasivo. Por ello, lo que se pretende con esta propuesta de intervención didáctica es romper con la rutina de la clase “tradicional”, favoreciendo, en la medida de lo posible, el aprendizaje activo del alumnado mediante la incorporación de prácticas en el laboratorio que mejoren tanto la motivación como la cooperación del aula. En este apartado, se realizará una exposición de diferentes propuestas para la introducción del método de enseñanza basado en la experimentación como sistema para favorecer el aprendizaje activo:

- Tenreiro-Vieira y Marques-Vieira (2006) proponen un proyecto de formación por investigación, involucrando investigadores y profesores de ciencias de enseñanza básica, en cuyo ámbito fueron desarrolladas y validadas, en contextos reales de aula, actividades de laboratorio dirigidas a promover el pensamiento crítico.

- Faúndez, Bravo, Melo y Astudillo (2014) presentan la implementación de un laboratorio virtual, de bajo coste y apropiado para el trabajo colectivo, para desarrollar la unidad Tierra y Universo, incluida en un curso de física.

- Severiche, Acevedo y Leonor (2013) realizan una fundamentación de las prácticas de laboratorio en el área de las ciencias ambientales a partir de una indagación exploratoria de estudios, investigaciones recientes, y referentes teóricos significativos.

- Molina, Palomeque y Carriazo (2016) plantean una propuesta metodológica para enfrentar las actitudes negativas hacia la ciencia por medio del trabajo práctico de aula.

- Mazzella y Testa (2016) investigaron la efectividad de la utilización de teléfonos inteligentes en actividades de tipo experimental para la comprensión conceptual de la aceleración por parte de estudiantes de secundaria.

- Espinosa-Ríos, González-López y Hernández-Ramírez (2016) realizan una investigación cuyo objetivo principal es utilizar las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica que desde el paradigma constructivista promueva la construcción de conocimiento científico escolar.

- Prat, Ballesteros y Lescano (2018) presentan una estrategia didáctica que tiene como objetivo hacer del laboratorio químico un espacio de enseñanza-aprendizaje y, a la vez, promover la participación activa del estudiante en el diseño experimental.

- Souza (2019) indaga en el aporte didáctico-pedagógico que el uso de la *Interface*, como tecnología educativa, puede generar en la asistencia de prácticas experimentales de laboratorio. Pretende encontrar fundamentos que justifiquen su inclusión e incidencia en la enseñanza de contenidos conceptuales y metodológicos relativos de las Ciencias Físicas.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

A lo largo de los apartados anteriores de este Trabajo Fin de Máster, se ha incidido sobre los numerosos beneficios que aporta para los alumnos de secundaria la introducción del método de enseñanza-aprendizaje por experimentación. Sin embargo, la implantación de esta metodología didáctica conlleva una serie de dificultades que en ocasiones son imposibles de solucionar.

En este sentido, uno de los inconvenientes más destacados es la no disposición, por parte de los centros educativos, de la infraestructura (laboratorios) y los materiales necesarios para realizar prácticas de laboratorio. Sin embargo, estos inconvenientes pueden ser solventados mediante el aprovechamiento de las actividades de divulgación científica que realiza la Universidad de la Rioja en el ámbito de la Química, la cual dispone tanto de la infraestructura necesaria como de los materiales requeridos. Por otro lado, en el ámbito de la Física, la mayoría de los alumnos de secundaria, disponen de teléfonos inteligentes. Estos dispositivos pueden sustituir, de alguna manera, el instrumental requerido para la realización de prácticas de laboratorio de fundamentación física.

Por ello, como propuesta de intervención didáctica, se propone la utilización de las actividades de divulgación científica “Soy químico por un día” en el ámbito de la Química, en la asignatura de Física y Química de 4º de la ESO. Además, y fuertemente motivada por la situación sobrevenida por la COVID-19, se intentará acercar la experimentación a los alumnos en el contexto de la Física mediante la elaboración de dos experimentos relacionados con el movimiento, para los cuales, el único instrumental de medición requerido es un teléfono inteligente.

6.1. Actividad de divulgación científica “Soy químico por un día”

Esta actividad, que pretende acercar la Química a los estudiantes de cuarto de la enseñanza secundaria obligatoria, consiste en la realización de prácticas sencillas de Química en los laboratorios de la propia Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad de La Rioja, supervisadas por monitores expertos y profesores.

6.1.1. Contextualización y contenidos

Esta propuesta de intervención didáctica se encuadra dentro del Decreto 19/2015 (La Rioja, 2015) y va dirigida a alumnos de la asignatura Física y Química de 4º de Educación Secundaria Obligatoria durante el curso 2019-2020. Además, es una actividad que se inserta en la Unidad Didáctica 4: “las reacciones químicas” y que pertenece al Bloque III. Los cambios.

Los contenidos que propone el Boletín Oficial de La Rioja para este bloque son los siguientes:

- Reacciones y ecuaciones químicas.
- Mecanismo, velocidad y energía de las reacciones.
- Cantidad de sustancia: el mol.
- Concentración molar.
- Cálculos estequiométricos.
- Reacciones de especial interés.

De ellos, se trabajarán a través de la actividad y durante la unidad:

- Reacciones y ecuaciones químicas.
- Mecanismo, velocidad y energía de las reacciones.
- Reacciones de especial interés.

6.1.2. Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar a través del desarrollo de esta actividad son:

- Incrementar el interés de los alumnos por la Química.
- Fomentar la vocación científica de los alumnos.
- Comprender el mecanismo de una reacción química.
- Realizar experiencias de laboratorio interpretando los fenómenos observados.
- Valorar la importancia de la química en aplicaciones cotidianas y en la industria.

6.1.3. Competencias

Las competencias clave vienen descritas en la Orden ECD/65/2015 (España, 2015). De todas, con esta actividad y el conjunto de tareas relacionadas se trabajan:

- Comunicación lingüística: se desarrolla a través del uso del vocabulario específico del tema que está presente en los experimentos, y con el cual el estudiante está en contacto durante toda la experiencia. Además, se trabaja la expresión lingüística en materia científica a través de la interacción de los alumnos con los monitores y profesores.

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: se adquiere mediante la puesta en práctica de los contenidos de la unidad en los diferentes experimentos de la actividad. Además, se hace hincapié en el importante papel que desempeña la Química en el desarrollo de la tecnología.

- Aprender a aprender: los experimentos de laboratorio permiten al estudiante reflexionar acerca de lo que sabe y desconoce, propiciando que el alumno sea el verdadero protagonista de su proceso de enseñanza-aprendizaje.

- Competencias sociales y cívicas: se adquiere a través de la reflexión acerca de la importancia que tiene la Química en la sociedad actual. Además se fomenta la cooperación entre individuos mediante la formación de grupos de trabajo.

6.1.4. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación seleccionados y numerados tal y como aparecen en del Decreto 19/2015 del Boletín Oficial de La Rioja son:

1. Comprender el mecanismo de una reacción química y deducir la ley de conservación de la masa a partir del concepto de la reorganización atómica que tiene lugar.

2. Razonar cómo se altera la velocidad de una reacción al modificar alguno de los factores que influyen sobre la misma, utilizando el modelo cinético-molecular y la teoría de colisiones para justificar esta predicción.

3. Interpretar ecuaciones termoquímicas y distinguir entre reacciones endotérmicas y exotérmicas.

8. Valorar la importancia de las reacciones de síntesis, combustión y neutralización en procesos biológicos, aplicaciones cotidianas y en la industria, así como su repercusión medioambiental.

6.1.5. Estándares de aprendizaje evaluables

Los Estándares de aprendizaje evaluables seleccionados y numerados tal y como aparecen en el Decreto 19/2015 del Boletín Oficial de La Rioja son:

1.1. Interpreta reacciones químicas sencillas utilizando la teoría de colisiones y deduce la ley de conservación de la masa.

2.1. Predice el efecto que sobre la velocidad de reacción tienen: la concentración de los reactivos, la temperatura, el grado de división de los reactivos sólidos y los catalizadores.

2.2. Analiza el efecto de los distintos factores que afectan a la velocidad de una reacción química ya sea a través de experiencias de laboratorio o mediante aplicaciones virtuales interactivas en las que la manipulación de las distintas variables permita extraer conclusiones.

3.1. Determina el carácter endotérmico o exotérmico de una reacción química analizando el signo del calor de reacción asociado.

8.3. Interpreta casos concretos de reacciones de neutralización de importancia biológica e industrial.

6.1.6. Metodología

6.1.6.1. Participantes

Los participantes de esta actividad son los 20 alumnos de una clase de cuarto de Educación Secundaria Obligatoria. Además, durante la sesión estarán presentes dos monitores que guiarán a los alumnos en el desarrollo de los experimentos y el profesor encargado de la asignatura.

6.1.6.2. Lugar de trabajo y organización del espacio

El Departamento de Química de la Universidad de La Rioja dispone de la infraestructura necesaria para realizar la actividad. Existen varios laboratorios destinados a docencia suficientemente espaciosos y por lo tanto capaces de acoger a un elevado número de alumnos. Uno de estos es el Laboratorio-102

(Laboratorio de experimentación en Química Orgánica), el cual posee siete filas de poyatas con catorce puestos de trabajo habilitados para la docencia.

Los grupos de trabajo estarán formados por parejas de estudiantes siempre que el número total de alumnos lo permita. En el caso de que dicho número sea mayor a 28 alumnos, varios de estos grupos deberán estar formados por tríos. Para que las parejas sean lo más heterogéneas posibles, será el profesor al cargo de la asignatura el encargado de hacer estos grupos. De esta manera, se fomentará colocar en cada pareja a un alumno que destaque por su liderazgo y motivación y otro que presente dificultades o que esté poco motivado.

6.1.6.3. Organización de las actividades

La sesión está diseñada para la realización de cuatro experimentos diferentes: “El bosque químico”, montaje de una pila electroquímica, fabricación de jabón y “Superbola”.

Actividad 1. “El bosque químico”

Mediante el uso de sales de metales de transición se va a recrear lo que podría considerarse como el aspecto de un lecho marino. Para ello, se van a emplear silicatos de cationes de metales de transición con el objetivo de imitar la forma de las algas. De esta forma, se dotará de aspecto biológico a algo que es completamente inorgánico.

Para ello, se van a espolvorear las sales sobre una disolución de silicato de sodio. Estas al llegar al fondo, por acción del fenómeno ósmosis, forzarán la penetración del líquido en las cavidades porosas de los granos salinos y a su vez generarán los correspondientes silicatos metálicos. El empuje generado por la diferencia de densidad entre el entorno y la sal hidratada causarán la migración de esta última construyendo un vistoso y colorido complejo de “ramas”.

La longitud de estas ramas estará sujeta a la higroscopicidad de cada sal, es decir, de su capacidad para absorber agua.

El color del hilo generado en cada caso dependerá del catión espolvoreado sobre la mezcla:

Tabla 1. *Listado de cationes metálicos con sus respectivos colores.*

Catión	Color
Cu²⁺	Azul
Ni²⁺	Verde claro
Fe²⁺	Verde oscuro
Fe³⁺	Naranja a rojo
Co²⁺	Rosa, verde, azul a malva
Ca²⁺	Blanco
Mn²⁺	Blanco, rosa pálido a beige

- Objetivos de la actividad:
 - Comprobar la migración por empuje de diversas sales a través de un medio viscoso.
 - Identificar diferentes tipos de cationes según el color.

- Materiales necesarios:
 - Espátula
 - Dos vasos de precipitados de 100 mL
 - Probeta de 100 mL
 - Núcleo de agitación magnética
 - Arena
 - Silicato de sodio
 - Sulfato de cobre (II)
 - Sulfato de níquel (II)
 - Cloruro de cobalto (II)
 - Cloruro de calcio

- Metodología:

En primer lugar, se miden 40 mL de agua con la probeta y se vierten sobre uno de los vasos. Con la misma probeta se miden 40 mL de silicato de sodio y se añaden sobre el agua anteriormente medida. La mezcla se agita con ayuda de un agitador magnético hasta obtener una disolución.

En otro vaso se vierte arena hasta alcanzar una altura de aproximadamente 5 mm. Se toma la disolución de silicato y se va añadiendo sobre la arena por las paredes del vaso, con cuidado, para evitar deformaciones en el lecho arenoso. Si al finalizar el proceso se formaran protuberancias, bastaría con dar pequeños golpes en los laterales del vaso para recuperar el liso del fondo.

Con la punta de la espátula, se cogen pequeñas porciones de las sales metálicas y se van espolvoreando sobre la disolución de silicato. Las partículas normalmente irán cayendo al fondo. Si no fuera así, debido a la alta tensión superficial del líquido, basta con empujar con la espátula los grumos flotantes hacia el fondo.

A lo largo de unos diez minutos, las sales irán migrando hacia la superficie y formarán hilos de distintos colores (Figura 1), dependiendo de los cationes presentes en el experimento.



Figura 1. *Ejemplo de formación de un bosque químico.*

Actividad 2. Montaje de una pila electroquímica

Una batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía química. Cuando se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica. Todas las baterías son similares en su construcción y están compuestas por un número dado de celdas electroquímicas. Cada una de estas celdas está a su vez formada como mínimo por un electrodo positivo y otro negativo dentro de un electrolito. Cuando la batería se descarga es gracias a que

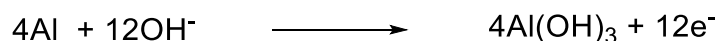
se está produciendo un cambio electroquímico entre los diferentes materiales de los dos electrodos. Los electrones son transportados entre el electrodo negativo y positivo a través de un circuito externo (bombillas, motores de arranque, etc.)

El experimento que se va a realizar tiene como propósito ilustrar que el funcionamiento de una pila electroquímica es una reacción química que produce energía química la cual se transforma en energía eléctrica. Esta pila consta de un electrodo de aluminio metal, el cual se oxida transformándose en hidróxido de aluminio.

El electrolito estará formado por vino basificado con hidróxido de sodio de tal manera que contenga una concentración elevada de iones OH^- que sean capaces de formar hidróxido de aluminio el cual es soluble en el medio de reacción.

El otro electrodo será de cobre metálico el cual actúa como electrodo inerte (ni se oxida, ni se reduce, y no sufre por tanto transformación química alguna) sobre el que el oxígeno del aire disuelto en el vino se reduce formando iones OH^- .

Las semirreacciones que se producen son las siguientes:



- Objetivos de la actividad:
 - Demostrar que las reacciones químicas pueden generar energía eléctrica.
 - Apreciar la importancia de la energía para el ser humano y cómo la Química realiza un papel fundamental en la producción, manejo y control de la energía.
- Materiales necesarios:
 - Dos vasos de precipitados de 250 mL
 - Vino basificado con hidróxido de sodio

- Papel de aluminio
- Dos electrodos de cobre
- Cable eléctrico y pinzas de cocodrilo
- Tijeras y grapadora
- Voltímetro
- Dispositivos LED de diferentes colores

- Metodología:

Primero, se construyen los electrodos de aluminio. Para ello, se corta un trozo de papel de aluminio cuadrado de aproximadamente entre 10 y 15 cm². Se dobla el trozo varias veces hasta lograr una tira de altura mayor que el vaso. Se corta uno de los extremos de la tira y se abren un poco las láminas que se obtienen (Figura 2).

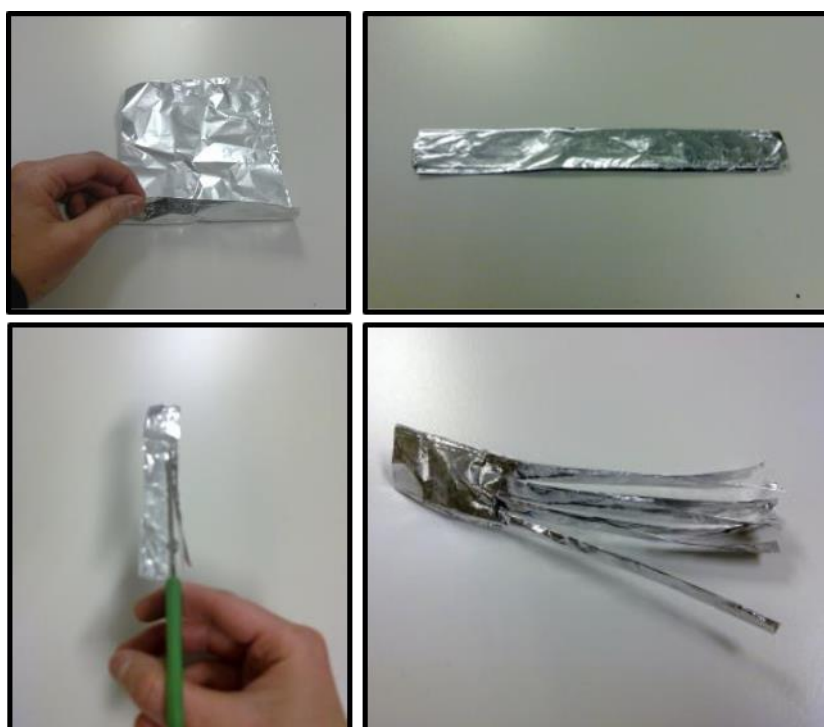


Figura 2. Montaje de los electrodos de aluminio de la pila.

1. Montaje de la pila con un solo elemento:

Se sujeta al vaso el electrodo de aluminio con una pinza de cocodrilo. Se añade el vino basificado con hidróxido de sodio y se introduce el electrodo de

cobre. Teniendo la precaución de que el electrodo de cobre y el aluminio no se toquen, se conecta el voltímetro a las pinzas del extremo que no están conectadas a los electrodos y se anota el valor de la diferencia de potencial.

2. Montaje de la pila con dos elementos:

Ahora se coge un vaso vacío y se coloca dentro el otro electrodo de aluminio sujetándolo con el otro extremo de la pinza de cocodrilo que estaba puesta en la anterior pila en el electrodo de cobre. Se introduce el segundo electrodo de cobre en el vaso y se sujeta con una pinza de cocodrilo nueva de tal manera que se obtiene una pila de dos elementos conectados en serie. Las dos pinzas que quedan libres se conectan al voltímetro y se anota el valor de la diferencia de potencial.

Por último, se conectan los dispositivos LED para comprobar de manera mas visual el paso de corriente eléctrica (Figura 3).

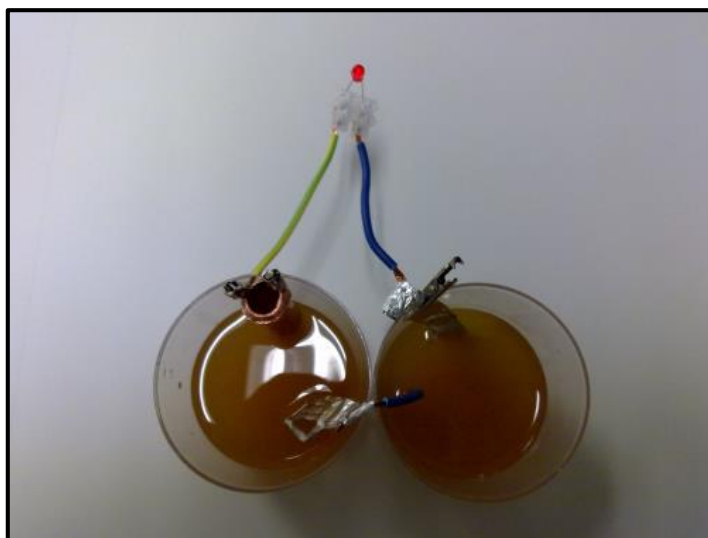


Figura 3. *Comprobación del paso de corriente con el dispositivo LED gracias a la utilización de la pila construida en el laboratorio.*

Actividad 3. Fabricación de jabón

La fabricación de jabón se basa en un proceso químico conocido como saponificación, que requiere un componente rico en ácidos grasos y un agente cáustico (hidróxido de sodio, hidróxido de potasio...). En este proceso, el hidróxido reacciona con las cadenas (ácidos grasos) de la grasa para formar una

sal de sodio o potasio, que en este caso es el jabón. (Figura 4) El soporte principal que estaba antes unido a las cadenas, la glicerina, se queda disuelta en el agua.

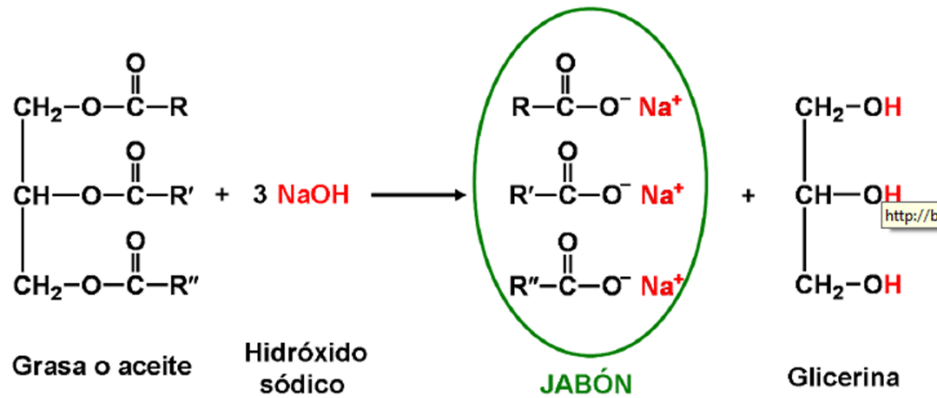


Figura 4. Esquema de la reacción de saponificación.

Al ser disuelto en agua, el jabón forma estructuras esféricas conocidas como micelas (Figura 5), en las cuales las cabezas hidrófilas de las cadenas quedan hacia el exterior, en contacto con el agua, y las colas hidrófobas quedan encerradas. En el interior queda un hueco que puede albergar sustancias inmiscibles con el agua.

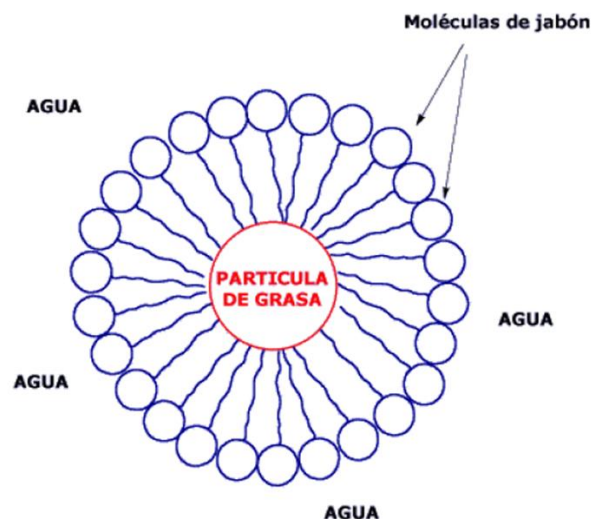


Figura 5. Representación de una micela en agua formada por un jabón.

- Objetivos de la actividad:
 - Obtener jabón a partir del aceite de oliva.
 - Visualizar la presencia de la química en los procesos más cotidianos y tradicionales.
- Materiales necesarios:
 - Dos vasos de precipitados de 100 mL y uno de 250 mL
 - Cucharilla
 - Aceite
 - Varilla de vidrio
 - Probetas de 10 y 100 mL
 - Núcleo de agitación magnética
 - Hidróxido de sodio en escamas
 - Alcohol etílico
 - Cloruro de sodio
 - Colorantes y aromas
 - Baño de hielo
- Metodología:

En un vaso grande se pesan 25 g de cloruro de sodio y se añaden 75 mL de agua (medidos en la probeta de 100 mL). Se agita con ayuda de una varilla de vidrio hasta su disolución completa. No hace falta disolverlo todo al principio, se puede seguir con este proceso en los tiempos de espera del resto de las etapas.

Se pesan en un vaso pequeño 5 g de hidróxido de sodio. En una probeta de 10 mL, se miden 10 mL de agua y otros 10 mL de alcohol etílico y se vierten sobre las escamas de hidróxido. Se introduce un imán y se lleva al agitador durante cinco minutos, hasta que todo el hidróxido se haya disuelto. Mientras tanto, en otro vaso pequeño se pesan 5 g de aceite. El aceite se vierte sobre la disolución anterior y se observa la reacción. Se añade el colorante deseado.

Pasados tres minutos, es hora de añadir el aroma. Se espera otros dos minutos y se retira el vaso de la agitación. Se coloca el vaso en un baño de hielo. Al cabo de unos minutos, se observa la formación de un sólido en el fondo.

Para finalizar, se vierten 25 mL de la disolución salina preparada al principio, se agita y se vierte el líquido al vaso de residuos. Para extraer la pastilla de jabón resultante, se hace una pequeña hendidura en el lateral de la misma con la ayuda de una cucharilla o una espátula y se ejerce un movimiento de palanca. La pastilla se sumerge brevemente en la disolución de sal restante y se seca con papel.

Actividad 4. “Superbola”

Un material polimérico es un material en el que moléculas pequeñas (monómeros) se van uniendo unas a otras para formar una molécula mucho más grande que puede ser lineal o tridimensional (reticulada).

Los polímeros industriales se pueden dividir en dos grupos principales en función de su comportamiento:

1. Plásticos, que son materiales bastante flexibles, pero que cuando se deforman demasiado no recuperan su forma original.
2. Gomas, que son polímeros con estructura en tres dimensiones y que tienen la propiedad de deformarse y recuperar su estado inicial cuando ya no aplicamos fuerza sobre ellos.

En esta práctica se va a fabricar un polímero a partir de un material inorgánico, silicato procedente de las rocas, y etanol, un producto que puede fabricarse a partir de recursos naturales renovables (almidón, celulosa, uva, madera...)

Con el producto, se va a preparar una bola que se comporta como una goma. Los materiales empleados no son tóxicos, no contaminan, son de origen renovable y son muy fácilmente biodegradables en la naturaleza.

- Objetivos de la actividad:
 - Fabricar un polímero.

- Conocer la importancia de los polímeros para el desarrollo de la humanidad.
- Materiales necesarios:
 - Vaso de precipitados de 100 mL
 - Cucharilla
 - Disolución acuosa de silicato de sodio al 50%
 - Alcohol etílico
- Metodología:

Se toman cuatro partes de disolución de silicato de sodio al 50%, por ejemplo cuatro cucharadas del líquido y se ponen en el vaso.

Se añade una parte de alcohol etílico de 96%, por ejemplo, una cucharada igual a las anteriores, sobre el líquido que hay en el vaso.

La reacción se produce muy rápidamente y empieza a aparecer una sustancia gelatinosa transparente.

Se agita dos o tres veces el material y cuando ya tenemos la sustancia gelatinosa, la recogemos con la cucharilla y la colocamos en la mano (llevar guantes). Amasamos la sustancia dándole forma de bola y pronto acaba compactada como si fuera una bola flexible que se comporta como la goma.

6.2. Utilización del teléfono inteligente como instrumental para la experimentación en Física.

Esta actividad, que pretende acercar la Física a los estudiantes de cuarto de la enseñanza secundaria obligatoria, consiste en la realización de dos sencillas prácticas de física en el entorno doméstico.

6.2.1. Contextualización y contenidos

Esta propuesta de intervención didáctica se encuadra dentro del Decreto 19/2015 (La Rioja, 2015) y va dirigida a alumnos de la asignatura Física y Química de 4º de Educación Secundaria Obligatoria durante el curso 2019-2020.

Además, es una actividad que se enmarca dentro de la Unidad Didáctica 6: “Los movimientos rectilíneos” y que pertenece al Bloque IV. El movimiento y las fuerzas.

Los contenidos que propone el Boletín Oficial de La Rioja para este bloque son los siguientes:

- El movimiento.
- Movimientos rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme.
- Naturaleza vectorial de las fuerzas.
- Leyes de Newton.
- Fuerzas de especial interés: peso, normal, rozamiento, centrípeta.
- Ley de la gravitación universal.
- Presión.
- Principios de la hidrostática.
- Física de la atmósfera.

De ellos, se trabajarán a través de la actividad y durante la unidad:

- El movimiento.
- Movimientos rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme.
- Naturaleza vectorial de las fuerzas.

6.2.2. *Objetivos*

Los objetivos que se pretenden alcanzar a través del desarrollo de esta actividad son:

- Incrementar el interés de los alumnos por la Física.
- Fomentar la vocación científica de los alumnos.

- Realizar experiencias de laboratorio en el ámbito doméstico interpretando los fenómenos observados.

6.2.3. Competencias

Las competencias clave vienen descritas en la Orden ECD/65/2015 (España, 2015). De todas, con esta actividad y el conjunto de tareas relacionadas se trabajan:

- Comunicación lingüística: se desarrolla a través del uso del vocabulario específico del tema que está presente en los experimentos, y con el cual el estudiante está en contacto durante toda la experiencia.

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: se adquiere mediante la puesta en práctica de los contenidos de la unidad en los dos experimentos de la sesión, en los que han de realizar cálculos matemáticos sencillos y hacer un uso correcto de las diferentes unidades y magnitudes. Además, se fomenta el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el ámbito educativo.

- Aprender a aprender: los experimentos de laboratorio permiten al estudiante reflexionar acerca de lo que sabe y desconoce, propiciando que el alumno sea el verdadero protagonista de su proceso de enseñanza-aprendizaje.

- Competencias sociales y cívicas: se adquiere a través de la reflexión acerca de la importancia que tiene la física en la sociedad actual.

6.2.4. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación seleccionados y numerados tal y como aparecen en el Decreto 19/2015 del Boletín Oficial de La Rioja son:

4. Resolver problemas de movimientos rectilíneos y circulares, utilizando una representación esquemática con las magnitudes vectoriales implicadas, expresando el resultado en las unidades del Sistema Internacional.

5. Elaborar e interpretar gráficas que relacionen las variables del movimiento partiendo de experiencias de laboratorio o de aplicaciones virtuales interactivas y relacionar los resultados obtenidos con las ecuaciones matemáticas que vinculan estas variables.

6. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en la velocidad de los cuerpos y representarlas vectorialmente.

6.2.5. Estándares de aprendizaje evaluables

Los Estándares de aprendizaje evaluables seleccionados y numerados tal y como aparecen en el Decreto 19/2015 del Boletín Oficial de La Rioja son:

4.1. Resuelve problemas de movimiento rectilíneo uniforme (MRU), rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), y circular uniforme (MCU), incluyendo movimiento de graves, teniendo en cuenta valores positivos y negativos de las magnitudes, y expresando el resultado en unidades del Sistema Internacional.

4.2. Argumenta la existencia de vector aceleración en todo movimiento curvilíneo y calcula su valor en el caso del movimiento circular uniforme.

4.3. Analiza el efecto de los distintos factores que afectan a la velocidad de una reacción química ya sea a través de experiencias de laboratorio o mediante aplicaciones virtuales interactivas en las que la manipulación de las distintas variables permita extraer conclusiones.

5.1. Determina el valor de la velocidad y la aceleración a partir de gráficas posición-tiempo y velocidad-tiempo en movimientos rectilíneos.

5.2. Diseña y describe experiencias realizables bien en el laboratorio o empleando aplicaciones virtuales interactivas, para determinar la variación de la posición y la velocidad de un cuerpo en función del tiempo y representa e interpreta los resultados obtenidos.

6.1. Identifica las fuerzas implicadas en fenómenos cotidianos en los que hay cambios en la velocidad de un cuerpo.

6.2. Representa vectorialmente el peso, la fuerza normal, la fuerza de rozamiento y la fuerza centrípeta en distintos casos de movimientos rectilíneos y circulares.

6.2.6. Metodología

6.2.6.1. Participantes

Los participantes de esta actividad son los 20 alumnos de una clase de cuarto de Educación Secundaria Obligatoria.

6.2.6.2. Lugar de trabajo y organización del espacio

Como se ha comentado con anterioridad, la realización de experimentos en el ámbito de la Física suele requerir el uso de instrumental sofisticado y difícil de encontrar en un centro educativo de secundaria. Además, debido a la interrupción de la presencialidad en la educación motivada por la COVID-19, no es posible llevar a cabo una sesión de prácticas en el laboratorio. Sin embargo, gracias a la capacidad que tienen los teléfonos inteligentes para realizar medidas de carácter físico, esta actividad puede realizarse en el entorno doméstico, siendo por ello, una actividad que se puede mandar como tarea para realizar por el alumno en casa, como complemento a la resolución de los problemas propios de la unidad didáctica.

6.2.6.3. Organización de las actividades

La sesión está diseñada para la realización de dos experimentos diferentes: Determinación del valor de la gravedad en la superficie de la tierra y cinemática del lanzamiento horizontal.

Actividad 1. Determinación del valor de la gravedad en la superficie de la Tierra

La intensidad del campo gravitatorio, aceleración de la gravedad o, simplemente, gravedad, es la fuerza gravitatoria específica que actúa sobre un cuerpo en el campo gravitatorio de otro. Se representa como “g” y en el Sistema Internacional de Unidades se expresa en newton/kilogramo (N/Kg).

El primer experimento consiste en la toma de datos correspondientes a los tiempos de caída de la canica o la bola de papel de alumno desde superficies situadas a diferentes alturas. De esta manera se podrá calcular el valor de la gravedad en la superficie de la Tierra

- Objetivos de la actividad:

- Determinar de forma experimental el valor de la aceleración en la superficie de la Tierra.
- Interpretar y analizar correctamente los datos obtenidos experimentalmente.
- Materiales necesarios:
 - Teléfono inteligente
 - Aplicación Phyphox
 - Canica o bola de papel de aluminio
 - Cinta métrica
 - Regla
 - Superficies a diferentes alturas

- Metodología:

Primeramente, se debe abrir la aplicación Phyphox y en el apartado *Timers* seleccionar *Acoustic stopwatch*; una vez seleccionado se aumenta el límite de detección del sonido.

Con ayuda de una escalera de pie, se coloca una regla con la canica o bola de papel de aluminio que se va a dejar caer en el borde. Una vez activado el botón *play* se golpea con un bolígrafo para iniciar tanto la caída libre como el cronómetro. El cronómetro se parará cuando suene el golpe del objeto contra el suelo, pudiendo anotar el valor del tiempo de caída.

Una vez realizada la secuencia anterior a varias alturas, y por lo tanto habiendo obtenido diferentes valores de altura y tiempo se realizará una representación gráfica del tipo y_0 (altura) vs t^2 (Figura 6).

Como la posición en el eje vertical viene determinada por la ecuación:

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{y0} + y_0$$

donde la velocidad inicial del eje y la altura final son nulas, la ecuación se puede escribir de la siguiente manera:

$$y_0 = \frac{1}{2}gt^2$$

En esta ecuación se puede observar la relación lineal existente para las variables y_0 y t^2 , por lo que se podrá obtener una recta en la que el valor de la pendiente es $0.5 \cdot g$ (Figura 6):

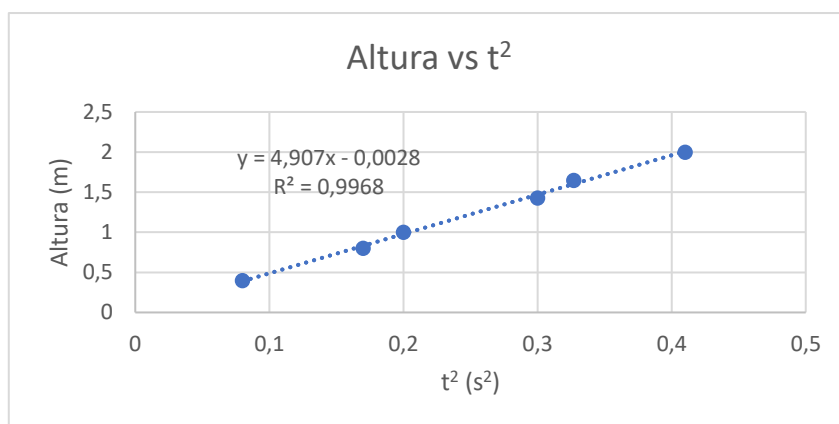


Figura 6. Representación gráfica y ajuste lineal de y_0 (altura) vs t^2 .

Actividad 2. Cinemática del lanzamiento horizontal.

El lanzamiento horizontal, también denominado tiro horizontal, es un ejemplo de composición de movimientos en dos dimensiones: un movimiento rectilíneo uniforme (MRU) en el eje horizontal y un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) en el vertical.

Como se ha podido comprobar durante alguna de las asignaturas realizadas a lo largo de este máster, este es un concepto que implica la existencia de conceptos erróneos en alumnos de secundaria e incluso en alumnos de posgrado de ciencias. En este sentido, tras mostrar el diagrama de la Figura 7 y preguntar seguidamente el tiempo de caída correspondientes a las trayectorias A, B y B representadas, un gran número de alumnos responde que $t_c > t_b > t_a$. A pesar de que mediante el uso de las ecuaciones de movimiento se puede comprobar de manera sencilla que los tres tiempos son iguales, resultaría interesante llevar a cabo un experimento que lo demuestre. De esta manera los alumnos podrían comprobar experimentalmente que el resultado predicho por las ecuaciones es correcto.

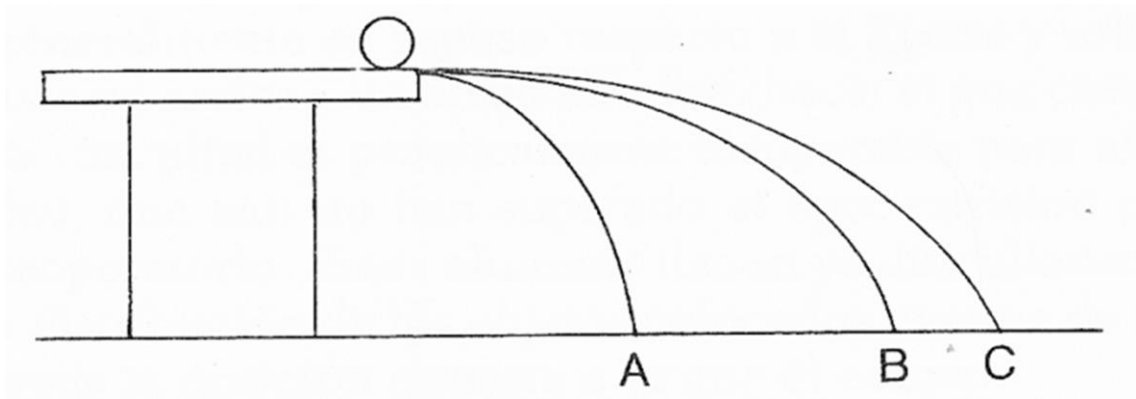


Figura 7. Representación de tres trayectorias de lanzamientos horizontales con distinta velocidad inicial.

Por ello, el segundo experimento que se propone es analizar el tiempo que tarda en caer un objeto lanzado de manera horizontal a diferentes velocidades iniciales.

- Objetivos de la actividad:
 - Comprobar de forma experimental que en un lanzamiento horizontal el tiempo de caída no depende de la velocidad inicial.
 - Con los datos de tiempo obtenidos de manera experimental y el valor de la gravedad calculado en el experimento anterior, calcular la altura de la superficie desde la que se ha iniciado el movimiento.
- Materiales necesarios:
 - Teléfono inteligente
 - Aplicación Phyphox
 - Canica o bola de papel de aluminio
 - Regla
- Metodología:

Primeramente, se debe abrir la App Phyphox y en el apartado *Timers* seleccionar *Acoustic stopwatch*; una vez seleccionado se aumenta el límite de detección del sonido.

Se coloca una canica o bola de papel de aluminio en el extremo de una superficie situada a cierta altura del suelo de la habitación. Una vez activado el botón *play* se golpea con una regla la canica o la bola de papel de aluminio de tal manera que comience el movimiento a la vez que se active el cronometro acústico. El cronómetro se parará cuando suene el golpe del objeto contra el suelo, pudiendo anotar el valor del tiempo de la trayectoria. Esta operación se realizará varias veces variando en cada una de ellas la fuerza con la que se golpea el objeto.

Tras comprobar de manera experimental que el tiempo transcurrido desde el comienzo del movimiento hasta que el objeto choca con el suelo no depende de la velocidad inicial, se calculara la altura de la superficie desde la que se ha iniciado dicho movimiento. Para ello se utilizará el valor de g obtenido del experimento anterior y la media de los tiempos de caída obtenidos en esta actividad utilizando la siguiente ecuación:

$$y_0 = \frac{1}{2}gt^2$$

6.3. Medidas de atención a la diversidad

Dentro de la atención a la diversidad, se tienen en consideración los dos tipos de medidas propuestas en el BOR (La Rioja, 2015) y que han de estar también presentes en esta propuesta didáctica, así como en el Plan de Atención a la Diversidad del centro educativo:

- **Ordinarias:** en esta categoría entran aspectos como las agrupaciones flexibles a la hora de realizar las diferentes actividades de la unidad didáctica. En este sentido, en la formación de los grupos de trabajo se fomentará colocar en cada pareja a un alumno que destaque por su liderazgo y motivación y otro que presente dificultades o que esté poco motivado. Por otro lado, en el caso de las practicas llevadas a cabo de forma individual se permite que cada alumno trabaje a su propio ritmo y manera autónoma. Por último, se debe tener en cuenta que dentro de estas medidas ordinarias también están incluidas las actividades de refuerzo, las actividades complementarias y las adaptaciones leves del currículo.

- Extraordinarias: dentro de este tipo se incluyen las adaptaciones curriculares significativas para los alumnos con necesidades educativas especiales. En el caso de la realización de prácticas de laboratorio, se contempla su adaptación para alumnos con diversidad funcional, como pueden ser estudiantes con grados severos de discapacidad visual.

6.4. Evaluación

6.4.1. Evaluación sumativa

Las prácticas de laboratorio *per se* tienen un carácter formativo y cabe resaltar que son las actividades complementarias a la sesión las que presentan una dimensión sumativa y que, por ello, cuentan con un mayor peso dentro de la calificación final. Así, en la Tabla 2, se muestran los criterios de calificación seguidos en esta Unidad Didáctica:

Tabla 2. *Criterios de la evaluación sumativa.*

Ítem valorado	Porcentaje
Prueba escrita	50%
Cuaderno de ejercicios	20%
Informes de laboratorio	20%
Comportamiento y actitud	10%

6.4.2. Evaluación de la propuesta

La propuesta es evaluada a diferentes niveles teniendo en cuenta determinados ítems. En primer lugar, está el desarrollo de la propuesta, lo cual implica saber si todo ha sucedido como estaba planeado inicialmente, así como estudiar qué inconvenientes han surgido y si podían haber sido pormenorizados con una mejor planificación previa.

En segundo lugar, es necesario analizar si los estudiantes han alcanzado los objetivos propuestos inicialmente a través de esta metodología. Para ello se ha elaborado un cuestionario sobre algunos de los conocimientos tratados que se realizará al final de la sesión y el cual se puede encontrar en la sección de ANEXOS. Esto permitirá comparar la eficacia de la metodología didáctica empleada mediante el establecimiento de un grupo de control dentro del estudio.

Por último, es esencial conocer la opinión de los estudiantes acerca de la estrategia utilizada, para poder establecer mejoras que sirvan para renovar la propuesta actual y para nuevos proyectos. Para ello se ha elaborado un cuestionario con una serie de preguntas sobre la propuesta metodológica que se puede encontrar en la sección de *ANEXOS*

7. DISCUSIÓN

En la Figura 8, se muestran los principales puntos fuertes y débiles de la propuesta de intervención educativa mediante una matriz DAFO.

	ASPECTOS NEGATIVOS	ASPECTOS POSITIVOS
ORIGEN INTERNO	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Inversión de tiempo elevada ✗ Limitaciones en numero de alumnos 	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fomenta el trabajo en en equipo ✓ Desarrollo gratuito ✓ Motiva al alumnado ✓ Alta viabilidad
ORIGEN EXTERNO	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Olvido del objetivo de las prácticas ✗ No disponibilidad de la tecnología ✗ Riesgos asociados al laboratorio 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora la competencia digital ✓ Alumnos implicados en el aprendizaje ✓ Mejora de los resultados de aprendizaje

Figura 8. Matriz DAFO de la propuesta de intervención educativa.

Fortalezas

✓ La necesidad de formar grupos para el trabajo en el laboratorio fomenta el trabajo en equipo. Como se ha comentado con anterioridad, la creación de grupos de trabajo heterogéneos permite que los alumnos mas capacitados y motivados ayuden a los alumnos que puedan presentar alguna dificultad en el aprendizaje.

✓ Debido a que la actividad “Soy químico por un día” está totalmente financiada por la Universidad de La Rioja, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Consejería de Educación del Gobierno de La Rioja, la puesta en práctica de esta propuesta de intervención educativa no genera gastos económicos adicionales.

✓ Propicia la motivación y despierta el interés de los alumnos por la ciencia. Además, mejora del aprendizaje al permitir relacionar los conceptos teóricos que se ven en clase con sus posibles aplicaciones prácticas.

✓ Debido a la infraestructura facilitada por la Universidad de La Rioja y a que prácticamente todos los alumnos de 16 años tienen un teléfono inteligente, la viabilidad de implantación de esta propuesta de intervención educativa es muy elevada.

Oportunidades

- ✓ Contribuye al desarrollo de la competencia digital del alumnado.
- ✓ Los alumnos se sienten más involucrados en sus propios procesos de aprendizaje que con la clase magistral.
- ✓ Se da una mejora en los resultados del aprendizaje, un aumento del tiempo de recuerdo de los conocimientos aprendidos y un desarrollo de la autonomía del alumnado.

Debilidades

- X La experimentación requiere la inversión de una cantidad de tiempo elevada y por ello el docente deberá utilizar parte del tiempo que en principio estaba destinado a otras actividades.
- X En relación con las practicas desarrolladas en el laboratorio existe una limitación del numero de alumnos que las pueden realizar.

Amenazas

- X Los estudiantes pueden centrarse en exceso en la función lúdica de las prácticas de laboratorio, olvidando así la faceta didáctica por la cual han sido diseñadas.
- X No todos los alumnos disponen de teléfonos móviles inteligentes ni de ordenadores en su domicilio ya que depende del nivel socioeconómico de la familia.
- X Aunque las practicas han sido diseñadas para la minimización de los riesgos, la manipulación de reactivos químicos siempre implica un cierto peligro.

8. CONCLUSIONES

Este Trabajo Fin de Máster surge como respuesta a la necesidad existente en Sistema Educativo español de utilizar más y mejor los recursos disponibles, más concretamente la infraestructura existente para la experimentación y los teléfonos inteligentes, para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física y la Química.

Por otro lado, se pretende combatir la mala percepción existente en el alumnado de secundaria hacia las materias de carácter científico mediante un cambio metodológico que busca un alejamiento del tradicional esquema de clase magistral y resolución de problemas.

Respecto a los objetivos generales, cabe destacar que se han planteado dos actividades para trabajar a través de la metodología del aprendizaje activo basado en la experimentación, quedando dichas actividades enmarcadas dentro del marco legislativo nacional y autonómico de la Comunidad de La Rioja.

Además, se han descrito las principales características de la metodología de aprendizaje por experimentación, concluyendo que su aplicación es viable y que pese a que también se han encontrado algunas desventajas, el aprendizaje basado en la experimentación mejora en general el pensamiento crítico del alumno, su capacidad para resolver problemas y su motivación y entusiasmo por aprender.

Finalmente, desde mi punto de vista, considero que el aprendizaje significativo cobra especial relevancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos. Además, el aprendizaje activo basado en la experimentación fomenta el trabajo cooperativo y potencia que los alumnos sean partícipes de su propia formación y desarrollo. En definitiva, el uso de esta metodología permite llegar al alumnado con una mayor facilidad, despertando el interés por la Física y la Química y favoreciendo la creación de conocimiento de un modo más atractivo.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, G. (1999) "Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias". *Revista Umbral*. 10, 52-56.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, L. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. (2a. ed.). México: Editorial Trillas.

Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.

Brock, W. H. (1998). *Historia de la Química*. Madrid: Alianza Editorial, S.A.

Bruner, J. (1980). Investigación sobre el desarrollo cognitivo. España: Pablo del Río.

Caamaño, A. (2005). *Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el método atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes*. [Documento en línea] Disponible: http://garritz.com/educación_química/161_caam.pdf

Caballero, M. C. (2003). La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. *Actas del Pidec*, 5, 137-154.

Casini M., D. Prattichizzo, A. Vicino (2004). The Automatic Control Telelab. A Web-based technology for Distance Learning. *IEEE Control System Magazine*, 24(3), 36-44.

Cefalo M., L. Lanari, G. Oriolo, M. Vendittelli (2003). The REAL Lab: Remote Experiments for Active Learning. XLI AICA Annual Congress, Trento, Italia.

Domin, D.S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.

España. (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial Del Estado*, (295, 10 de diciembre), 97858–97921. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12886-consolidado.pdf>

España. (2015). 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. *Boletín Oficial Del Estado*, (25,29 de enero), 6986–7003. Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>

España. (2019). Ley 4/2019, de 7 de marzo, de mejora de las condiciones para el desempeño de la docencia y la enseñanza en el ámbito de la educación no universitaria. *Boletín Oficial Del Estado*, (58, 8 de marzo), 1–4. Recuperado de: <https://boe.es/buscar/pdf/2019/BOE-A-2019-3307-consolidado.pdf>

Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281

Faúndez, C. A., Bravo, A. A., Melo, A. D., & Astudillo, H. F. (2014). Laboratorio Virtual para la Unidad Tierra y Universo como Parte de la Formación Universitaria de Docentes de Ciencias. *Formación universitaria*, 7(3), 33-40.

Good, T. y Brophy, J. (1995). Introducción a la Psicología del Aprendizaje. *Psicología Educativa Contemporánea*. España: McGrawHill.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.

Hodson, D. (s/f). What counts as good science education. [Documento en línea]. Disponible:
http://openlibrary.org/b/ol21017883m/what_counts_as_good_science_education_1

Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264.

Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 52, 201-217.

Johnstone, A.H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-707.

Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work y academic skills in science education. *Science Education*, 1, 273-299.

- Malacarne, F. (2005). *Biotecnología*. Caracas: Venezolana.
- Mayra. (2008). La experimentación en ciencias naturales en grupos multigrados. *crenamina.edu*.
- Mazzella, A. y Testa, I. (2016). An investigation into the effectiveness of smartphone experiments on students' conceptual knowledge about acceleration. *Physics Education*, 51
- Molina, M. F., Palomeque L. A. y Carriazo J. G. (2016). Experiencias en la enseñanza de la química con el uso de kits de laboratorio. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(20), 76-81.
- Moreira, M.A. y Levandowski, C.E. (1983). *Diferentes abordagens ao ensino de laboratorio*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Pickering, M. (1993). The teaching laboratory through history. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 699-700.
- Pozo, J y Gómez, M. (1998). *Aprender a enseñar ciencia. del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. España: Morata.
- Prat, M. R., Ballesteros, C. y Lescano, G. M. (2018). "La previa": una estrategia de aprendizaje en las prácticas de química. *Educación química*, 29(4), 18-27.
- Reigosa Castro, Carlos Emilio; Jiménez Aleixandre, María Pilar. «La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio». *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 18(2), 275-284.
- Sánchez, J. (2002). *Un nuevo enfoque metodológico para la enseñanza a distancia de asignaturas experimentales: análisis, diseño y desarrollo de un laboratorio virtual y remoto para el estudio de la automática a través de internet*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
- Séré, M.G. (2002a). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357-368.

Séré, M. G. (2002b). Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education. *Science Education*, 86, 624-644.

Sierra, S., Acevedo-Barrios, C.A., Leonor, R. (2013) Las prácticas de laboratorio en las ciencias ambientales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 40, 191-203

Souza, A. D., (2019). Las nuevas tecnologías educativas en las prácticas del laboratorio de ciencias. El Uso de Interfaces en las Prácticas del Laboratorio de Física. *Temas de Profesionalización Docente*, 2, 67-75.

Tenreiro-Vieira, C. y Vieira, R.M. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 452-446.

Vázquez, S., Núñez, G., Pereira, R. y Cattáneo, L. (2008). Una estrategia integradora en la enseñanza de las ciencias naturales: aprendiendo sobre un producto regional. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 5(1): 39-46.

ANEXO I**Cuestionario sobre los contenidos tratados en las practicas**

1. En el experimento del “bosque químico” se ha utilizado una relación de agua-gel de silicato 1:1 aproximadamente. Teniendo en cuenta que el silicato es más viscoso que el agua, ¿qué crees que habría pasado si se hubiera empleado una mayor cantidad de gel de silicato en proporción? ¿Y si se hubiera utilizado más agua?
2. Como se ha podido comprobar, el color de algunas sales metálicas en estructura de hilo hidratado es distinta de cuando están en forma de sólido seco. ¿A qué puede deberse esto?
3. En la práctica del “bosque químico” se hace crecer los cationes de forma que parezcan plantas o algas pero ¿echarías todo el contenido del vaso por la fregadera a la hora de limpiar? ¿Podría esta acción tener un impacto medioambiental importante?
4. ¿Qué tipos de pilas y/ baterías conoces?
5. ¿Qué dispositivos conoces que necesiten funcionar con pilas o baterías?
6. Cuando se monta la pila de un solo elemento se puede ver en el voltímetro una diferencia de potencial diferente a cuando se monta la pila de dos elementos. ¿Cuáles son esos potenciales? ¿Por qué son diferentes?
7. ¿Cómo se denomina a la reacción por la cual se obtiene jabón a partir del tratamiento de un ácido graso con hidróxido de sodio?
8. ¿Cuál es el motivo de que los jabones sean capaces de eliminar manchas de grasa si esta es insoluble en agua?
9. En el proceso de fabricación de jabón se utiliza hidróxido de sodio, el cual es un producto químico muy abrasivo por su elevada alcalinidad, sin embargo el jabón resultante es apto para su utilización sobre la piel, ¿Por qué?
10. Indica el nombre de algún polímero que conozcas.

11. ¿Qué diferencias estructurales generan las distintas propiedades que poseen los plásticos y las gomas?
12. En la práctica de la “super bola” se ha sintetizado una silicona. ¿Cuál es el monómero que se repite dentro del polímero?
13. En la práctica del cálculo de la aceleración en la superficie terrestre no es necesario que la canica utilizada tenga una masa determinada, ¿Por qué?
14. En la práctica comentada en la pregunta anterior se ha obtenido un valor numérico de la aceleración, sin embargo esta magnitud es vectorial, ¿Qué información adicional habría que proporcionar?
15. En la práctica en la que se analiza el lanzamiento horizontal se ha determinado que el tiempo de caída no depende de la velocidad inicial, ¿a qué es debido?
16. ¿Qué tipo de trayectoria sigue el objeto en el lanzamiento horizontal estudiado en la práctica?

ANEXO II**Cuestionario sobre la propuesta**

El proceso de realización de las prácticas ha sido fácil.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

La realización de las prácticas me ha ayudado a reflexionar sobre las diferentes formas de aprender y trabajar en la asignatura de Física y Química.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Trabajar con esta metodología ha mejorado mi opinión sobre la asignatura de Física y Química.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Trabajar con esta metodología requiere mas esfuerzo y dedicación que otras maneras de trabajar.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

He seguido las instrucciones para realizar las prácticas.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Las indicaciones facilitadas por los monitores y el profesor me han ayudado a realizar las prácticas.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Trabajar con esta metodología me ha servido para aprender cosas de la asignatura de Física y Química que antes no sabía.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Habría preferido que las prácticas fuesen otras.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Algunos compañeros no han colaborado en la realización de las prácticas.

Nada de acuerdo	1	2	3	4	5	Muy de acuerdo
-----------------	---	---	---	---	---	----------------

Las mayores dificultades que me han surgido han sido:

Sugerencias de mejora:

Lo que menos me ha gustado de trabajar de esta manera ha sido:

Lo que más me ha gustado de trabajar de esta manera ha sido: