



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

**Problemas de Fermi: el valor de las estimaciones en las clases de
Física y Química**

Fermi Problems: the value of estimations in Physics and Chemistry
lessons

Alumna: Mónica Escobedo Corral

Especialidad: Física y Química y Tecnología

Director: José Ángel Mier Maza

Curso académico: 2022/2023

Fecha: Julio 2023

AGRADECIMIENTOS

Se cierra otra etapa una vez más. Esta vez, el camino para llegar aquí ha sido menos empedrado, pero igualmente la meta no la he alcanzado sola.

Las primeras palabras de agradecimiento son para mí tutor en este proyecto, José Ángel Mier. Gracias por la confianza depositada en mí y mi trabajo desde el primer momento, que tan necesaria es y tan olvidada tenía.

Gracias a mi familia por haber recorrido el camino hasta este momento conmigo, con sus altos y bajos. Siempre adelante y arriba.

Gracias a mis amigos y amigas, a los de siempre y a los que he ido recogiendo por el camino, por escuchar y acompañar cada arrebato y locura, las luces y las sombras de mi vida.

Gracias a Manuel, por ser la calma de mi tormenta y estar en cada una de ellas. Cada paso juntos es más fácil, más divertido, más feliz.

Gracias una vez más a quien con sus consejos, palabras y hechos me ha acompañado en el camino sin juzgarlo.

Por último, las gracias más importantes se las doy a la Mónica de hace 3 años, que no se rindió y hoy está recogiendo los frutos de todo ese trabajo. Podías con todo, solo hacía falta creer en ello. Y actuar. Por ti, por mí y por la del futuro.

Seguimos.

RESUMEN

En este Trabajo Fin de Máster se ha planteado una Situación de Aprendizaje aplicando Problemas de Fermi para alumnos y alumnas de 4º de ESO en la asignatura de Física y Química. Con esto se quiere fomentar las habilidades de aproximación y estimación de datos en la resolución de problemas a lo largo de la asignatura.

Con este objetivo, se ha hecho una revisión del estado del arte del panorama de la Educación Secundaria y el papel que tiene la ciencia en ella y un análisis de la materia de Física y Química dentro de la actual Ley de Educación, la LOMLOE. A continuación, se ha definido *Situación de Aprendizaje* y se han puesto en contexto los Problemas de Fermi. Finalmente, se expone la innovación didáctica como una Situación de Aprendizaje que vertebre todo un curso.

Palabras clave: estimaciones, aproximaciones, Problemas de Fermi, Física y Química.

ABSTRACT

For this Master's Thesis, a Learning Situation applying Fermi Problems has been proposed to use with 4th year students on Secondary Education during Physics and Chemistry lessons. The aim of the proposal is to encourage approximation and data estimation skills in problem solving during the school course.

With this goal in mind, we have made a review of the State of the Art of Secondary Education in Spain and the role of Science in it as well as an analysis of Physics and Chemistry within the current Education Law, LOMLOE. Next, we have defined what a Learning Situation is and Fermi Problems have been put into context. Finally, the didactic innovation is detailed as a Learning Situation that structures an entire year.

Key words: estimations, approximations, Fermi Problems, Physics and Chemistry.

“Before I came here, I was confused about this subject. Having listened to your lecture, I am still confused -- but on a higher level.”

Enrico Fermi, (1901-1954)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	7
2. OBJETIVOS	10
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1. LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y QUÍMICA EN LA ACTUALIDAD ..	11
3.2. FÍSICA Y QUÍMICA EN LA LEY DE EDUCACIÓN	16
3.3. SITUACIONES DE APRENDIZAJE EN LA CIENCIA.....	19
3.4. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: ESTIMACIONES Y APROXIMACIONES	21
3.5. PROBLEMAS DE FERMI.....	23
4. PROPUESTA DE SITUACIÓN DE APRENDIZAJE	29
4.1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	29
4.2. OBJETIVOS	31
4.3. LA PROPUESTA EN LA LEY EDUCATIVA	32
SABERES BÁSICOS	33
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS.....	34
CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	36
4.4. DESCRIPCIÓN Y SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES	37
4.5. EVALUACIÓN DE CONTENIDOS	42
4.6. CONSIDERACIONES A FUTURO	43
5. CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXO I: Competencias específicas de la asignatura de Física y Química y su relación con las competencias clave.	52
ANEXO II: Saberes básicos Física y Química 4º ESO	53
ANEXO III: Cuestionario de control	56

ANEXO IV: Cuestionario evaluación herramienta	57
---	----

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, los alumnos y alumnas que alcanzan la etapa de la Educación Secundaria tienen unas expectativas respecto a su futuro que se irán viendo modificadas o reforzadas a medida que avancen en su formación y sus conocimientos se vayan viendo ampliados. Esta etapa de cambio y crecimiento para los y las adolescentes es esencial para el descubrimiento de su persona y de sus intereses y horizontes, que se ven ampliados a la par que avanzan en su formación académica.

La asignatura de Física y Química se comienza a impartir en el segundo curso de la ESO y es una gran novedad en esa etapa. No es de extrañar que una gran parte del alumnado que llega por primera vez a una clase de esta materia traiga ideas preconcebidas acerca de lo que se va a encontrar y esto puede llegar a suponer un inconveniente a la hora de enfrentarse con la materia. Gran parte del problema radica en que la metodología tradicionalmente utilizada en la enseñanza de las disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) parte de una base errónea: que a todo el mundo le gusta o comprende la ciencia de la misma manera y se siente igualmente conectado y motivado por su estudio.

Al igual que cambia la sociedad, lo está haciendo el Sistema Educativo español. Este curso es de transición entre leyes educativas, donde tanto la LOMCE (Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa) como la LOMLOE (Ley Orgánica que Modifica la Ley Orgánica de Educación) están vigentes en cursos alternos. Ambas leyes tienen un enfoque competencial de la educación, si bien es con la segunda, la que ordenará todo el Sistema Educativo a partir del próximo curso, con la que la educación por competencias ha sido colocada en el centro de la cuestión. Las Situaciones de Aprendizaje son ahora el núcleo del proceso de aprendizaje y la adquisición de competencias. Una SA no es una actividad aislada o una lección determinada, sino una estructura de tareas en el aula que facilitan la transmisión del conocimiento, a través de acercar los conocimientos en el aula a la vida diaria de los alumnos y alumnas. Integrando todos los elementos del currículo en el diseño de la SA, ofrecen un amplio abanico de

posibilidades a centros y docentes de adaptar sus recursos a las necesidades educativas que deban afrontar.

En cuanto a la metodología y enseñanza de la materia, la resolución de problemas es uno de los apartados en los que más hincapié se hace. Cuando se trabaja en la resolución de problemas en una clase de Física y Química se están poniendo en práctica y aplicando conocimientos y aprendizajes de la materia de forma implícita, además de fomentar la comprensión lectora y la competencia matemática. Son muchas las ocasiones en las que cuando un estudiante recibe un problema se lanza a su resolución sin ningún tipo de reflexión previa, lo que causa errores que se deben a una falta de entendimiento del enunciado o desconocimiento de lo que se busca obtener, más que de falta de conocimientos de la materia.

Es en este punto cuando los cálculos utilizando estimaciones y aproximaciones, a partir de conocimientos previos y sin mucha complejidad matemática ni numérica, pueden ser una herramienta muy potente para el alumnado a la hora de hacer sus aprendizajes en la disciplina más significativos. En este trabajo se presentan los Problemas de Fermi como una herramienta para introducir las aproximaciones en las clases de Física y Química y fomentar el manejo de nuevas magnitudes y conceptos desde una perspectiva más amable para el alumnado.

Para colaborar en el desarrollo de todos estos aspectos, en este Trabajo Fin de Máster se va a realizar una propuesta de innovación didáctica para introducir los Problemas de Fermi dentro del aula en el curso de 4º ESO en forma de Situación de Aprendizaje. Con esto se pretende que el alumnado trabaje los conceptos de estimación y aproximación y aprenda a manejar órdenes de magnitud a los que no está acostumbrado. Estos problemas además son útiles a la hora de acercar la ciencia y las enseñanzas de clase a lo cotidiano para los estudiantes, uno de los factores más determinantes a la hora de asimilar los contenidos de Física y Química.

En resumen, en este documento se va a estudiar los Problemas de Fermi como un instrumento para ayudar al alumnado en el desarrollo de la Competencia STEM a través de las competencias específicas de la asignatura de Física y Química. La propia definición de Problema de Fermi sumado al rumbo que ha tomado la Educación con la entrada en vigor de esta Ley, hacen de este Trabajo Fin de Máster una confluencia innovadora de todos los puntos expuestos en esta Introducción, poniendo a los y las estudiantes en el centro de su propio aprendizaje.

2. OBJETIVOS

El objetivo final de este trabajo será el diseño de una propuesta de innovación didáctica en forma de Situación de Aprendizaje donde introducir el valor de las aproximaciones en la resolución de problemas de Física y Química, aprendiendo a manejar los órdenes de magnitud a partir de los llamados Problemas de Fermi. Para llegar a ello, se plantean los siguientes objetivos específicos a alcanzar con este Trabajo Fin de Máster:

- Analizar el estado actual de la enseñanza de la Física y Química y su posición dentro de la Ley de Educación en vigor.
- Acercar el conocimiento científico y los contenidos de la materia al día a día del alumnado para fomentar un aprendizaje más significativo de la misma fomentando el pensamiento crítico.
- Comprender el valor de las aproximaciones y estimaciones en la resolución de problemas dentro de la asignatura de Física y Química.
- Potenciar el conocimiento de los órdenes de magnitud y el sentido numérico de las distintas magnitudes que se trabajan en ciencia.
- Introducir los Problemas de Fermi como herramienta de aprendizaje y contextualización de los saberes de la materia.

Con todo lo expuesto, en este documento se aglutinará el trabajo realizado para tratar de dar respuesta a todas estas cuestiones.

3. MARCO TEÓRICO

En este trabajo se va a abordar la enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria, en concreto de la Física y Química, y a plantear una Situación de Aprendizaje tal y como está definida en la ley que rige la enseñanza en la etapa, utilizando los Problemas de Fermi para acercar las aproximaciones y estimaciones en la resolución de problemas.

3.1. LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y QUÍMICA EN LA ACTUALIDAD

La enseñanza de la Física y la Química en concreto, y de las disciplinas científicas en general, tiene un papel fundamental para la formación de estudiantes competentes dentro del Sistema Educativo español. Hoy en día, distintos organismos, como la Comisión Europea, (2012), reconocen que la educación y formación en ciencia es esencial para la adquisición de habilidades y competencias necesarias en los ciudadanos y ciudadanas del siglo XXI. Entre otras cosas, la enseñanza de estas ramas del conocimiento científico desde una perspectiva transversal, sirven como motor de la curiosidad y el pensamiento crítico, además de trabajar en la resolución de problemas, formando a los y las estudiantes para adquirir un rol activo en la sociedad y el mundo del trabajo.

Es muy común en la enseñanza tradicional de la ciencia, y más en concreto en la asignatura de Física y Química, encontrarnos con algunas dificultades como docentes para que el contenido que se debe impartir le resulte atractivo al alumnado. Resolver problemas, aprender teorías y fórmulas matemáticas de memoria y de manera repetitiva son los procesos que tradicionalmente se han seguido en la docencia de esta asignatura. El trabajo manual y experimental ha estado relegado frente a la mecanización y automatización de procesos de resolución de problemas de forma repetitiva. Esta mecanización de la enseñanza puede resumirse utilizando estas palabras de Campelo Arruda, (2003):

Las ciencias naturales, en particular la Física, se basan en un proceso del pensamiento hipotético-deductivo, caracterizándose por una metodología científica, que parte de una hipótesis teórica, para

desarrollarse en dirección a sus consecuencias lógicas. Estas se caracterizarán y, en una fase posterior, sufrirán una comprobación experimental bajo la forma de confirmación específica o aplicación práctica de una teoría.

En ocasiones, el día a día con grupos de alumnos y alumnas que se ven obligados a estudiar una materia que por distintos motivos puede resultarles poco atractiva e incluso llegar a ser muy complicada. Juega a la contra de la labor educativa el tener una visión de la ciencia para «científicos», donde no se tienen en cuenta las preferencias e intereses de cierta parte del alumnado cuyo futuro no estará ligado a ninguna disciplina científica y se ve obligado a estudiar estos contenidos, frente a otros más de su interés durante gran parte de su etapa educativa. En ocasiones, se parte de una premisa en la enseñanza basada en la propia experiencia del docente, donde todo el mundo será capaz de alcanzar un grado en su desarrollo para la adquisición de competencias y conocimientos científicos a un nivel acorde al que el propio docente experimentó. Esto puede ser causa de frustraciones y desapego con la asignatura para aquellos con mayores dificultades para el seguimiento de la materia. (Poo, 2011)

Socialmente, se producen algunos malentendidos acerca de lo que implica ser científico y tener conocimientos de una determinada disciplina, llegándose a calificar determinados aspectos de la vida, como pueden ser noticias como «cosa de ciencias», sin tener en cuenta que un biólogo o una física son ambas personas de ciencia, pero no tienen por qué manejarse en el ámbito de trabajo del otro. Esta reflexión de Poo, (2011, p.17) viene seguida de un apunte donde se diferencia la «ciencia de los científicos» y la «ciencia escolar» en forma de pregunta: ¿por qué si en ciencia se van sucediendo los avances de manera continua se siguen impartiendo los mismos contenidos que hace 30 años y siguiendo las mismas metodologías?

Para responder a esto, el propio Poo, (2011) señala que si se quiere utilizar la ciencia como un paradigma en sí mismo para su enseñanza, tal y como define «ciencia escolar», es necesario tener en cuenta la relación de la misma con el planteamiento y la resolución de problemas en el día a día, a través del desarrollo

de teorías y leyes de manera dinámica, dejando de lado las «listas de conocimientos» a tratar y centrando más la enseñanza en el proceso de reflexionar acerca de diferentes problemas y tratar de alcanzar soluciones con sentido y utilidad siguiendo diferentes estrategias y caminos.

Con el paso de los años, se ha hecho más necesaria la inclusión de nuevas perspectivas de docencia en las distintas áreas de conocimiento para adaptarse a una sociedad en constante evolución. Sin embargo, la introducción de metodologías y visiones en torno a la enseñanza, sobre todo en materias como Física y Química, presenta algunas dificultades, sobre todo para incluir la coeducación o acercar las teorías a la realidad cotidiana del alumnado. López, Lupión y Mirabent, (2005) recogen en su trabajo la necesidad que la formación de la ciudadanía futura se articule de tal manera en que se forme a ciudadanos y ciudadanas con pensamiento crítico y espíritu científico, de manera integral y teniendo en cuenta todos los saberes y dimensiones de la cultura humana. Una buena opción para introducir esto en el aula es con el apoyo del trabajo en laboratorio, un recurso no tan utilizado en la actualidad como sería deseable.

Marchán-Carvajal y Sanmartí, (2015) reflexionan al final de su trabajo acerca de lo necesario que es trabajar con los y las estudiantes dentro de un contexto y con perspectiva para que facilite el aprendizaje significativo de los alumnos. Para esto, proponen el desarrollo de unidades didácticas contextualizadas, con las que, de acuerdo a su investigación, demuestra que la motivación, la implicación y como consecuencia, los resultados académicos del alumnado mejoran con la implementación de innovaciones y modificaciones en la docencia.

Acevedo, (2009) señala que es tan esencial que el docente en cualquier ámbito científico tenga un conocimiento de la materia que imparte, como los conocimientos didácticos necesarios para la enseñanza de los mismos. Por este motivo, que el docente sea especialista en su ámbito de estudio y formación universitaria supone una desventaja a la hora de comenzar a impartir clase, por la falta de herramientas didácticas adecuadas de los que pueden disponer. El propio Acevedo, (2009) plantea la necesidad de que el profesorado ayude a relacionar a los estudiantes la información nueva con sus conocimientos previos

con el fin de guiar hacia «ideas más adecuadas» su progreso. En ese mismo trabajo, defiende que cada tema debe enfocarse utilizando actividades para su aprendizaje depende de «las propias características del contenido, del dominio que el profesor tenga del mismo y del conocimiento previo del tema que tengan los estudiantes», entre otras.

En la introducción al texto de Almirón, Salica y Parro, (2020) se expone la necesidad y a la vez la dificultad para el profesorado la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el aula. Si sólo son utilizadas para la explicación y exposición de contenidos se quedan por el camino muchas virtudes que vienen intrínsecas a su uso responsable, que sí son aprovechadas si se incluyen de manera curricular y transversal como elemento vertebrador del aprendizaje. Las simulaciones, aplicaciones y recursos en línea son herramientas que han permitido ampliar el horizonte de conocimientos y posibilidades de aprendizajes dentro y fuera del aula.

En España, según los resultados del Informe PISA elaborado en 2018 (OCDE, 2019), el desempeño de los alumnos y alumnas en ciencias está ligeramente por debajo de la media del resto de países participantes. Es destacable la diferencia existente en los resultados entre alumnos y alumnas y la brecha existente entre ambos grupos en cuanto a sus intereses futuros: sólo una de cada cinco alumnas espera que la ciencia o ingeniería sea su futuro laboral al alcanzar los 30 años, frente a uno de cada tres alumnos. Sin embargo, tres de cada diez alumnas quieren que su trabajo esté relacionado con la rama sanitaria, más dedicada a los cuidados, frente a los dos de cada diez varones que esperan esto. Estos datos dejan de manifiesto la existencia de una brecha de género todavía dentro de las profesiones más relacionadas con la ciencia y la ingeniería que puede ser identificada con una desconexión con el currículo de las ciencias más puras y una falta de motivación hacia estos contenidos.

La coeducación es un aspecto a trabajar desde todas las asignaturas de manera transversal, tal y como explicita la LOMLOE, (2020) en su preámbulo. En las clases de Física y Química, una opción para trabajarlo es aumentar el número de referentes femeninos en las aulas, a través de introducir y nombrar a

científicas y sus aportaciones relevantes en cualquiera de las dos disciplinas sobre las que versa esta asignatura. De esta manera, se ofrece una visión más igualitaria de la ciencia, consiguiendo así aumentar la participación a través de la identificación con iguales de las alumnas. (Delgado Santana, 2012)

Recientemente, existe una creciente tendencia o vertiente que incorpora el término STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) a cualquier aspecto de la educación que abarque esas materias, sin que exista ningún tipo de apoyo científico o pedagógico a las metodologías que se promueven para su enseñanza. Toma y García-Carmona, (2021) hablan en la conclusión de su trabajo sobre la percepción actual de la didáctica de estas materias desde un enfoque STEM integrado, donde curricularmente todas las asignaturas se enseñarán a través de experiencias de aprendizaje que fomenten la conexión entre disciplinas. Esta premisa está poco justificada debido a la falta de base pedagógica para poder afirmar que es una metodología y estrategia interesante de llevar a cabo. Según estos autores, en muchos momentos no se produce una integración curricular si no una colaboración anecdótica y puntual en materias como Matemáticas y Física y Química, solo dos de las cuatro materias que conforman el STEM. Si bien de manera teórica y si el trabajo está bien estructurado, puede ser interesante didáctica y pedagógicamente hablando este tipo de metodología y estudio, en la actualidad es inviable por dos motivos: la falta de preparación del profesorado encargado de la docencia de estas materias y la imposibilidad de que las leyes educativas del país lo adapten y pongan en marcha con los recursos disponibles en la actualidad.

Con todo esto, se pone de manifiesto que, si bien la enseñanza de la Física y Química está limitada por los contenidos propios de la materia, es posible que introduciendo mejoras e innovaciones que acerquen la materia a la realidad cotidiana del alumno puede dar lugar a aprendizajes más significativos por parte del alumnado.

3.2. FÍSICA Y QUÍMICA EN LA LEY DE EDUCACIÓN

En el panorama educativo español, desde la puesta en marcha de la «Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación», (2006), en adelante LOE, se introdujo la educación en competencias y ha seguido vigente en las dos leyes educativas posteriores: primero en la «Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa.», (2013), en adelante LOMCE, y en la ley en vigor en la actualidad, la «Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación», (2020), en adelante LOMLOE. Esto responde a la necesidad de adecuar la educación a lo que la sociedad y nuestro entorno demandan.

Las transformaciones sociales exigen que la educación se adapte para educar ciudadanos competentes, es decir, es necesario un cambio de enfoque desde la educación basada en enseñanzas academicistas para dar paso a una formación competencial que consolide los aprendizajes a partir de algún tipo de utilidad. En el trabajo de Gimeno Sacristán y otros, (2011) hablan acerca de las dificultades que implica implantar la educación desde este punto de vista basado en competencias, por todo lo que implica y las diversas definiciones del propio término competencia. En la Figura 1 se encuentra una representación gráfica de las distintas definiciones y sinónimos que se pueden tomar para describir qué es una competencia en Educación.

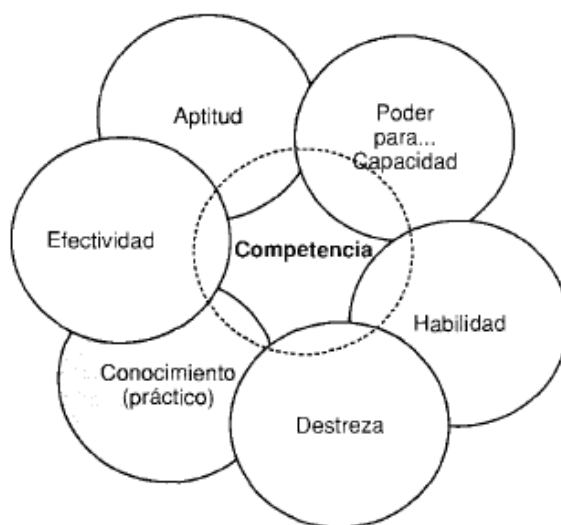


Figura 1: concepto de competencia y su significado compartido con otros conceptos al uso. *Fuente:* (Gimeno Sacristán et al., 2011, p.36) .

La introducción de las Competencias Clave en la educación son la consecuencia de adaptar al sistema educativo español las Recomendaciones del Consejo de la Unión Europea para el Aprendizaje Para Toda la Vida (Consejo Europeo, 2018). Estas competencias serán la base para el desarrollo personal, para adquirir un estilo de vida saludable y sostenible, para la empleabilidad, en la ciudadanía activa y la inclusión social. En la Ley que rige la educación en España desde el curso 2022/2023, la LOMLOE, (2020), se describen ocho competencias clave. Son las siguientes:

- a. Competencia en Comunicación Lingüística (CCL).
- b. Competencia Plurilingüe (CP).
- c. Competencia Matemática y en Ciencia, Tecnología e Ingeniería (CSTEM).
- d. Competencia Digital (CD).
- e. Competencia Personal, Social y de Aprender a Aprender (CPSAA).
- f. Competencia Ciudadana (CC).
- g. Competencia Emprendedora (CE).
- h. Competencia en Conciencia y Expresión Culturales (CCEC).

A nivel nacional, tal y como se recoge en la Ley, al finalizar una etapa educativa el alumnado debe haber alcanzado un Perfil de Salida y unos objetivos finales de etapa, determinados por las Competencias Clave arriba nombradas. Dichas competencias se identifican y definen a través del Perfil de Salida, siempre en conexión con los retos que plantea el siglo XXI. Para alcanzar este Perfil es necesario que se contribuya desde todas las asignaturas de manera transversal. En concreto, la asignatura de Física y Química contribuirá al desarrollo de estas Competencias Clave a través de las Competencias Específicas de la asignatura, que se vinculan con el Perfil de Salida a través de descriptores de las primeras.

En la Comunidad Autónoma de Cantabria, tal y como se recoge en el «Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria.», (2022), la asignatura de Física y Química está descrita por 6 Competencias Específicas que se relacionan con el Perfil de Salida a través de descriptores de las Competencias Clave (véase Anexo I). La evaluación de la

asignatura será a través de los criterios de evaluación asociados a cada competencia específica y que son específicos de cada etapa educativa.

Desde esta asignatura se colabora a la adquisición de todas las Competencias Clave, pero no se trabajarán todos los descriptores de las mismas. Esto es posible gracias al carácter transversal que adquiere la educación con esta nueva Ley educativa. Además, se observa que la competencia que más peso tiene es la CSTEM. Esta competencia engloba tanto la competencia matemática como la competencia en ciencia. La primera «permite desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos con el fin de resolver problemas», mientras que la última «conlleva la comprensión y explicación del entorno natural y social, utilizando un conjunto de conocimientos y metodología, incluidas la observación y la experimentación, con el fin de plantear pregunta y extraer conclusiones basadas en pruebas para poder interpretar y transformar el mundo natural y el contexto social» (Ministerio de Educación y Formación Profesional, s. f.)

En estas dos definiciones queda implícita la necesidad de plantear y resolver problemas a partir de situaciones reales, con metodologías propias de la ciencia, donde se incluye la capacidad de hacer estimaciones y aproximaciones en órdenes de magnitud. Todo esto, hace de este trabajo un punto de partida para implementar nuevas estrategias para afianzar y asentar los conocimientos desde la asignatura por parte del alumnado.

El papel tan relevante que está adquiriendo la educación competencial está dando lugar a cambios estructurales en la educación que van a afectar a todos los niveles: desde la educación básica hasta la Evaluación para el Acceso a la Universidad. En concreto, estas pruebas van a ser más parecidas a las pruebas PISA que a la Selectividad tradicional, ya que en un futuro serán formuladas y enfocadas desde la misma visión competencial que tienen las pruebas PISA originales (siglas en inglés de Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes) y no tanto desde el enfoque memorístico que tienen en la actualidad. (Zafra, 2023)

Además, en el propio texto de la Ley educativa resalta la importancia de abordar la enseñanza de la Física y Química desde un enfoque constructivo, crítico y emprendedor, promoviendo la construcción de conocimiento científico a través de la indagación, búsqueda de evidencias e interpretación de la información. Se promueve el uso de metodologías propias de la ciencia, como son el trabajo colaborativo y la colaboración interdisciplinar, fomentando el espíritu crítico y emprendedor de los estudiantes.

En este punto, este trabajo plantea situaciones interesantes al introducir una visión menos memorística de lo que es el estudio y comprensión de las disciplinas científicas, sustituyéndolo por una asimilación de contenidos y aproximación más práctica y ajustada al trabajo competencial que promueve la Ley en vigor en la actualidad, posicionando este tipo de planteamientos didácticos como de gran utilidad en años venideros.

3.3. SITUACIONES DE APRENDIZAJE EN LA CIENCIA

Con el cambio en la ley educativa en el año 2020, el foco de todo el aprendizaje y adquisición de competencias ha pasado a estar puesto en las Situaciones de Aprendizaje, en adelante SA. Estas situaciones no se pueden describir como actividades o lecciones aisladas, sino que aglutinan todos los elementos del currículo en su descripción y desarrollo. (Moya Otero y Luengo Horcajo, 2021)

Según la legislación vigente, el «Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria.», (2022), se define situación de aprendizaje como «todas aquellas situaciones y actividades que implican el despliegue por parte del alumnado de actuaciones asociadas a competencias clave y competencias específicas y que contribuyen a la adquisición y desarrollo de las mismas».

Otros autores, como Moya Otero y Luengo Horcajo, (2021, p.131) definen una SA como «la expresión de una estructura de tareas y de relación dentro del grupo clase que facilita tanto la transmisión del conocimiento como la reconstrucción de las experiencias vividas por el alumnado para que pueda adquirir un conjunto

definido de competencias específicas y para que esta adquisición pueda ser reconocida y evaluada».

Si bien todo este concepto y sus descripciones pueden sonar muy novedosas, Castro-Zubizarreta y otros., (2023) han encontrado similitudes en la definición que se maneja hoy por hoy de situaciones de aprendizaje y otras teorías de aprendizaje situado que hablan de adquirir conocimientos dentro del aula cuando se establece una conexión con el alumnado y su entorno, intereses y contexto sociocultural y económico. Para Lave y Wenger, (1981), no hay actividad que no esté situada, al suceder todas las tareas en un determinado momento, bajo unas condiciones establecidas y con unos participantes involucrados.

El diseño de situaciones de aprendizaje no es necesario que esté centrado únicamente en una materia, sino que se pueden establecer conexiones y relaciones entre materias siempre y cuando el currículo y la situación planteada así lo requieran. Además, no existe ninguna limitación temporal en cuanto a su duración o ubicación dentro del curso. Con todo esto, Castro-Zubizarreta y otros, (2023) recogen algunas recomendaciones interesantes para su diseño y planteamiento:

- Para plantear una SA es interesante preguntarse en qué aspectos de la vida cotidiana se puede trabajar el saber básico implicado y cuál será este; el posible interés del alumnado y la relación con sus conocimientos previos; si plantea o no algún reto.
- Una SA debe favorecer el aprendizaje significativo y la participación del conjunto del alumnado.
- Las metodologías aplicadas deben ajustarse al contexto en el que se plantea la situación y debe favorecer la participación e implicación de todos los estudiantes.
- Para secuenciar una SA hay que tener en cuenta si se justifican los aprendizajes a lo largo de la misma; si los contenidos a trabajar se ajustan a la etapa, el área o el curso al que van dirigidos. Además, debe incluir todas las actividades a realizar y los trabajos que vamos a pedir; las

metodologías que se aplicarán; la forma de evaluación y resultados esperados; y recursos que se utilizarán.

En el ámbito científico, donde se enmarca la asignatura sobre la que versa este trabajo, las posibilidades para plantear y describir SA son infinitas, tanto por las materias con las que pueden tener conexión, como por los saberes básicos que se manejan y su relación con el día a día de los alumnos y alumnas, o las posibilidades que ofrecen los centros educativos y sus equipamientos.

3.4. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: ESTIMACIONES Y APROXIMACIONES

En Física y Química, cualquier metodología aplicada en el aula para su enseñanza suele requerir de habilidades de resolución de problemas, además de un conocimiento del ámbito a trabajar. En ocasiones, es posible que se desconozcan variables a tener en cuenta en el desarrollo de algún problema o la resolución de algún ejercicio y por lo tanto se hace necesaria la introducción de estrategias para resolver y plantear problemas en el caso de que no se disponga de toda la información necesaria para ello.

Es llegado a este punto donde cobra sentido la correcta utilización de aproximaciones y estimaciones en cálculos y magnitudes. Comprender esto y optimizar su uso y aplicación es esencial para el correcto avance y aprendizaje de la disciplina. El uso de suposiciones y estimaciones como herramienta ha sido siempre considerado fundamental. En palabras de García Navarro, (2013):

Mediante la suposición y la estimación es posible aproximar de modo razonable algunos problemas de cálculo cuya solución exacta es imposible obtener, debido a la imposibilidad de obtener todos los datos necesarios a partir del enunciado, o bien no compensa obtenerla por los recursos que tendríamos que invertir para ello y nos basta con una aproximación.

En ocasiones, se puede confundir estimar con adivinar un número o una relación matemática entre dos magnitudes, pero su verdadero significado está en utilizar

conocimientos previos y un razonamiento lógico físico acertado para llegar a una idea aproximada de una cantidad. (Ling et al., 2021)

Con esto se puede definir una aproximación como un resultado al que llegamos por medio de estimaciones o un valor cercano al real que se obtiene dentro de un intervalo de incertidumbre. De aquí en adelante, esta será la definición utilizada de ambos conceptos.

Un ejemplo muy sencillo con el que explicar a qué nos referimos cuando hablamos de estimaciones y aproximaciones es el cálculo aproximado que en un día de tormenta se puede hacer para saber a qué distancia en kilómetros se encuentra esta de nuestra posición. Para ello sólo es necesario contar el tiempo que transcurre entre que ves un relámpago y escuchas el trueno y dividirlo entre 3. Este número conocido y utilizado por la población en ocasiones sin saber que su origen no es otra cosa que la relación entre la velocidad de la luz y la velocidad del sonido. (Gómez, 2023)

Si bien en la actualidad el conocimiento de la ciencia se asocia con la precisión, la exactitud y el rigor, esto lleva a que el mundo que luchamos por comprender sea algo complejo con las herramientas a nuestro alcance. En ocasiones, no es necesario que los resultados que se presenten sean precisos o acertados totalmente, sino que con una aproximación o estimación del resultado puede ser suficiente para cubrir nuestras necesidades. (Mahajan y Sanjoy, 2014)

En la asignatura de Física y Química, la actividad más frecuentemente utilizada en la enseñanza de contenidos es la resolución de problemas. Para trabajar con estos, es necesario que, además de ser competente en ciencia tal y como la definen la LOMLOE y la OCDE y conocer los saberes detrás de cada cuestión, es necesario que el alumnado tenga la suficiente Competencia en Comunicación Lingüística, para extraer los datos e información de los enunciados, y un nivel equivalente en Competencia Matemática gracias al cual se podrán utilizar diferentes herramientas necesarias para alcanzar soluciones a las preguntas planteadas.

Con esto, se puede concluir que la asignatura de Física y Química no es una isla dentro del currículo, sino que se nutre de conocimientos que típicamente se corresponden con otras materias. En el aula, una de las principales trabas que el alumnado suele ir encontrando al enfrentarse a esta disciplina es esta: puede que comprenda la información que proporcionan los enunciados y la ciencia tras los mismos, pero no disponga de la suficiente soltura matemática para alcanzar los resultados o al revés, se puede tener soltura matemática pero no comprender el objeto de la pregunta.

Se ha demostrado que la utilización de los problemas como una herramienta central en la enseñanza de las materias de corte científico por parte de los y las estudiantes tiene beneficios para su estudio y la adquisición de conocimientos. Sin embargo, Gil, Martínez y Senent , (1988) reflexionan acerca de la necesidad del profesorado de incentivar la reflexión cualitativa previa, desechando mecanismos automáticos que se desencadenan tras la lectura del enunciado y que no contribuyen a que el aprendizaje sea significativo. Además, señalan que, si la explicación de conceptos se ha realizado de manera superficial, sin profundizar lo suficiente en las nociones sobre la materia, cuando el estudiante resuelva problemas lo hará reforzando conocimientos erróneos o incompletos, como en el caso de la caída de graves. (Gil Pérez et al., 1988)

A través de este trabajo se pretende dar una alternativa para promover el pensamiento y reflexión previa a la resolución *per se* de problemas en la asignatura de Física y Química. La herramienta que se propone utilizar son los cálculos con aproximaciones y estimaciones a través de los llamados Problemas de Fermi.

3.5. PROBLEMAS DE FERMI

Enrico Fermi fue un físico italiano nacionalizado estadounidense famoso por sus aportaciones, tanto teóricas como experimentales, en el ámbito de la física nuclear, y más en concreto, al desarrollo del primer reactor nuclear y la bomba atómica. Nacido en 1901 en Roma, en 1938 se exilió junto a su familia a Estados Unidos huyendo de la ola antisemita que comenzaba a asolar Europa en la

época, ya que su familia política era judía. Falleció en Chicago en 1954 a causa de un cáncer de estómago. (Obituary, 1954)

Considerado uno de los más brillantes científicos del siglo XX, recibió el Premio Nobel de Física en 1938 por su trabajo en radiactividad. Aunque es principalmente conocido por su colaboración en el desarrollo de la bomba atómica dentro del Proyecto Manhattan, muchos de sus descubrimientos en Física Nuclear es la base de la actual Medicina moderna de radiodiagnóstico o tratamiento con isótopos radiactivos. (Schwartz, 2017)

Durante su estancia en la Universidad de Roma, previo a su exilio, sus compañeros se mostraban asombrados por su gran capacidad para predecir de manera bastante exacta los resultados de los experimentos en los que estaban trabajando. A lo largo de su trayectoria académica en Estados Unidos destaca la labor docente que desempeñó en la última parte de su vida. Según recogen Segré y Hoerlin, (2017), describía sus clases como un lugar donde afianzar y comprender mejor sus trabajos en investigación, ya que «enseñando aclaraba sus ideas y comprendía mejor la materia».

Es en estas clases donde planteaba a sus alumnos preguntas que en apariencia son poco habituales con el objetivo de fomentar el espíritu crítico y la inteligencia de sus alumnos. Estas preguntas son lo que hoy en día conocemos como Problemas de Fermi, en adelante PF: problemas de cálculo en los que se espera obtener una solución aproximada, pero coherente, teniendo en cuenta los pocos datos de partida de los que se dispone. (García Navarro, 2013) Una pregunta típica de Fermi podría ser *¿Cuántos granos de arena hay en una playa promedio?* o *¿Cuál es la potencia total generada por el Sol?*

En muchas ocasiones, para dar respuesta a este tipo de problema es necesario utilizar valores de cantidades cuyo valor exacto es desconocido pero que podemos aproximar, siempre teniendo en cuenta el sentido físico de las magnitudes utilizadas, con bastante fiabilidad a partir de aproximaciones y estimaciones de datos previamente conocidos y estudiados. El resultado

obtenido no será exacto, pero sí que será aproximado al orden de magnitud con la respuesta real.

Como dicen Weinstein y Adam, (2008) en el prefacio de su libro, los PF son una buena herramienta para comprender el significado de las magnitudes muy grandes o muy pequeñas y desarrollar una habilidad para hacer estimaciones muy simples a partir de pocos datos en nuestro día a día. Para estos autores, es tanto o más importante el proceso para alcanzar la solución que esta misma. Para ello, proponen que para resolver estas preguntas es necesario comenzar por dar una respuesta aproximada antes de comenzar a trabajar. Si esto no fuera posible, será necesario dividir el problema en trozos más pequeños y más manejables en términos de aproximaciones, a partir de los cuales podemos plantear nuevas preguntas, que serán las que nos llevarán a las magnitudes a estimar y aproximar con las que se trabajará para obtener una solución.

El ejemplo más utilizado para explicar cómo se resuelven este tipo de problemas es tratar de responder a la siguiente pregunta, planteada por el propio Fermi: *¿cuántos afinadores de pianos hay en Chicago?* Siguiendo el razonamiento que exponen Weinstein y Adam, (2008), el primer paso a dar es identificar los datos necesarios para dar respuesta al problema; a continuación se aproximan y estiman lo mejor posible, de manera individual o en cadena; y finalmente se trabaja con ellos para dar la solución. A simple vista, no tenemos todos los datos necesarios para obtener una solución a esta cuestión, con lo que será necesario utilizar conocimientos previos, cultura general y estimaciones para suplir esta escasez de información. Se comienza suponiendo que:

- Chicago tiene una población aproximada de 9 millones de habitantes.
- Cada casa está habitada en promedio por 2 habitantes.
- En 1 de cada 20 hogares hay un piano que necesita ser afinado con regularidad.
- La jornada laboral de un afinador es de 8 horas diarias, 5 días a la semana y 50 semanas al año en promedio.

Además, se sabe que:

- Para el correcto funcionamiento de un piano, es necesario afinarlo al menos una vez al año y el pianista no puede hacerlo.
- Para afinar un piano son necesarias dos horas, donde se incluye el traslado hasta el domicilio donde se encuentra.

Con todos estos datos, ya se puede comenzar a hacer cuentas que nos permitirán resolver el problema. Comenzaremos calculando cuantas afinaciones serán necesarias hacer en la ciudad de Chicago a partir de los habitantes, el número de casas y la ratio de pianos por casa:

$$\frac{9 \text{ millones habitantes}}{2 \text{ personas por casa}} = 4.5 \text{ millones de casas} \cdot \frac{1 \text{ piano}}{20 \text{ casas}} = 225000 \text{ pianos}$$

$$225000 \text{ pianos} \cdot 1 \text{ afinación al año} = 225000 \text{ afinaciones al año}$$

A continuación, es necesario estimar cuantos pianos puede afinar un afinador al año. Para ello, es necesario obtener el tiempo de trabajo anual del trabajador antes:

$$50 \text{ semanas} \cdot \frac{5 \text{ días}}{1 \text{ semana}} \cdot \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 2000 \text{ horas de trabajo}$$

$$\frac{2000 \text{ horas de trabajo}}{2 \text{ horas por piano}} = 1000 \text{ pianos afinados por un afinador}$$

Cuando ya se tiene este valor, se puede dar una respuesta aproximada al problema:

$$\frac{225000 \text{ afinaciones al año}}{1000 \text{ afinaciones por afinador y año}} = 225 \text{ afinadores}$$

Con todo, se puede concluir que en Chicago hay, de manera aproximada, 225 afinadores de pianos.

Como se puede ver, para la resolución de PF es esencial tener nociones previas sobre las poder trabajar, para que, llegado el momento de aproximar y estimar cantidades para alcanzar un resultado, estas tengan un cierto sentido y los

resultados puedan ser lo más ajustados a la realidad. Es por esto que la utilización de dichos problemas en el aula para la enseñanza de Física y Química puede ser una herramienta muy potente para la introducción y asimilación de contenidos.

Von Baeyer, (1988) además resalta la importancia que tiene saber enfrentarte a un problema y la «recompensa que tiene hacer descubrimientos de manera autónoma e independiente» y el efecto que esto tiene sobre la motivación del alumnado y su predisposición al trabajo. Si bien es muy cómodo buscar la respuesta online, en libros u otros recursos disponibles, así como esperar a que otra persona la encuentre por nosotros, esto empobrece el desarrollo personal que se produce también en la etapa educativa en la que nos encontramos. Cuando se trabaja y se obtienen resultados fruto de ese trabajo, se aumenta la confianza de cada cual de tal manera que se iniciará una reacción en cadena que tendrá como consecuencia una mayor motivación y predisposición al trabajo y estudio.

Es cierto que este tipo de estrategias y aprendizajes no son utilizados en la actualidad en ámbitos educativos con regularidad ni se aprovecha todo el potencial que tienen para afianzar e introducir contenidos en materias STEM. Para Albarracín, Fernando y Boliart, (2017), proponer el uso en el aula PF es una buena estrategia para desarrollar nuevas tácticas para la resolución de problemas a partir de preguntas sobre aspectos de su día a día. De igual manera, el alumnado antes de estas etapas no acostumbra a trabajar con cifras muy grandes o muy pequeñas, y aunque las investigaciones que hay sobre la utilización de estos instrumentos para fomentar aprendizaje significativo en el aula es escasa, sí que han mostrado potencial para ello.

Adicionalmente, el trabajo de Ärlebäck y Albarracín, (2019) defiende la introducción de PF en la educación ya que por el planteamiento y la definición de los mismos, se desarrollan tanto las habilidades de modelización como el uso de las estimaciones y la comprensión de las cantidades y las magnitudes utilizadas en la resolución de problemas. De igual forma, los considera una gran herramienta para fomentar el desarrollo crítico del alumnado, al plantearse en

este proceso la toma de decisiones en base al conocimiento previo y del entorno. Además, algunos autores destacan que tras la introducción PF en las rutinas de estudio se afianzan los conocimientos y el trabajo en la resolución de problemas es más fluido. (Ärlebäck y Albarracín, 2019)

Bajo el enfoque competencial de la Ley educativa que rige la educación en la actualidad en España, la LOMLOE, (2020), este tipo de metodologías de trabajo en donde se fomenta el desarrollo integral por parte del alumnado de los contenidos y su significado físico, y no solamente la memorización y automatización de procesos, son una herramienta muy potente para desarrollar en el aula y ayudar en el aprendizaje significativo de la materia a los estudiantes. De igual manera, la posibilidad de que los enunciados y contenidos que se trabajen con estos problemas puedan estar ambientados e inspirados por vivencias del día a día e intereses de los propios alumnos y alumnas, pueden ser un gran apoyo para fomentar la motivación ante esta asignatura.

En resumen, los problemas de Fermi son una herramienta muy potente para utilizar dentro del aula con el objetivo de trabajar las aproximaciones, estimaciones y ordenes de magnitud, y, asimismo, trabajar en el desarrollo competencial del alumnado, sobre todo de la competencia STEM, aquella que se ajusta más a los contenidos que se imparten en la asignatura de Física y Química. Su poca utilización en la práctica docente deja un buen punto de partida para estudiar su introducción dentro del aula en el día a día de esta asignatura.

4. PROPUESTA DE SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

A continuación, se pasa a detallar la SA propuesta para implementar en un curso de 4º ESO dentro de la asignatura de Física y Química. Se comenzará con una descripción de la misma y sus objetivos, para continuar enmarcándola dentro de la Ley de Educación que regulará todo el sistema educativo a partir del próximo curso, la LOMLOE, (2020); seguidamente se va a detallar la secuenciación de actividades propuestas que conforman esta SA, y se finalizará esbozando las actividades de evaluación propuestas.

En un apartado adicional, se añadirán consideraciones a tener en cuenta para llevar a cabo una futura investigación dentro del aula, con el objetivo de analizar la respuesta de los y las estudiantes ante la utilización de los Problemas de Fermi como herramienta pedagógica para utilizar estimaciones en la resolución de problemas de la materia.

4.1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Transmitir conocimiento científico a estudiantes en la etapa de la Educación Secundaria no es una tarea sencilla. En este periodo de su desarrollo se encuentran en un proceso de autoconocimiento y crecimiento que supone grandes e importantes cambios en su vida. Alteraciones hormonales, familiares y sociales aparte, estudiar queda en muchas ocasiones relegado a un segundo plano en su lista de prioridades.

Durante la corta experiencia que poseo en docencia gracias al periodo de prácticas de este Máster en un Instituto de Educación Secundaria, he podido comprobar con mis propios ojos que la predisposición del alumnado ante la asignatura de Física y Química es muy heterogénea y se debe a una gran variedad de factores:

- Los métodos que el docente encargado de la materia utiliza para abordar la enseñanza y plantear los contenidos de forma atractiva al grupo de estudiantes.

- La cercanía con el profesorado y la implicación de este mismo en la educación de cada uno de sus pupilos, no solo en transmitir información, sino en incluirles dentro del proceso de enseñanza.
- El nivel de Competencia Matemática y Comprensión Lectora que tenga cada cual está directamente relacionado con el desempeño en la materia de Física y Química, al apoyarse sus conocimientos en ambos terrenos.
- El nivel previo en la asignatura de Física y Química previo y las experiencias en cursos pasados.
- Las inseguridades del alumnado ante los resultados que obtienen cuando resuelven un problema, ya que desconocen a qué se enfrentan y cuál es el rango de valores con sentido físico y químicamente hablando para los resultados de sus problemas y actividades.
- Las perspectivas y expectativas de futuro, además de su elección de itinerario académico.

Durante mi periodo de prácticas en el centro educativo, pude comprobar como son muchos los y las estudiantes que pese a tener un buen nivel de competencia STEM y seguir las lecciones con relativa facilidad, se sienten inseguros ante los resultados que obtienen al resolver un problema, al desconocer si se trata de una cantidad con sentido o ajustada a lo que se pregunta.

Pese a que, tanto en la Física como en la Química, los grandes avances e investigaciones se realizan en grandes equipos de trabajo, en esta etapa de la educación apenas hay espacio para fomentar estas dinámicas de colaboración y cooperación durante el horario lectivo. Para contrarrestar esto, se plantea que esta actividad tenga parte de trabajo en grupo dentro del aula con el fin de favorecer el aprendizaje cooperativo y fomentar el diálogo entre iguales en debates con contenido científico.

Por todos estos motivos, y en base a lo expuesto en apartados anteriores de este documento, se propone la utilización de los Problemas de Fermi como herramienta pedagógica en clase de Física y Química en 4ºESO. Serán el elemento vertebrador y guía de todo el curso académico, con el fin de aprovechar el gran potencial que supone introducir y afianzar los contenidos de una unidad

desde un punto de vista cercano a la visión e inquietudes del estudiantado. Además, son una buena opción para tratar de introducir el sentido numérico de las magnitudes a estudiar a lo largo de ese tema. Se elige este curso al tratarse del primer año en el que se imparten las dos disciplinas con cierta complejidad, (en 3º ESO se ven principalmente contenidos de Química y 2º ESO es un curso de introducción a la materia). Además, es una asignatura optativa, por lo que quien la curse estará *a priori* más predispuesto a trabajar y profundizar en saberes científicos.

4.2. OBJETIVOS

El trabajo que se va a realizar a lo largo de esta SA tiene como objetivo principal el fomento de las habilidades de estimación y aproximación de manera gradual y progresiva, hasta conseguir alcanzar un nivel de manejo y familiarización con los órdenes de magnitud con los que se trabaja en los distintos ámbitos de cada una de las disciplinas sobre las que versa esta asignatura: la Física y la Química.

Para alcanzar este objetivo, son varias las metas que se pueden fijar que hacen más concretos y cercanos los pasos a seguir. A continuación, se pasa a detallar cada una de ellas:

- Utilización de conocimientos científicos. Para poder dar una solución a un PF es necesario tener nociones previas sobre lo que trata la cuestión, utilizando tanto conceptos y saberes adquiridos en la propia materia de Física y Química, como de cultura general y conocimiento del entorno. La necesidad de aplicar distintos saberes y conocimientos de cada una de las áreas que conforman la Física y la Química, tiene como objetivo posibilitar a los y las estudiantes ver la importancia y aplicaciones de la ciencia en el día a día de cada cual.
- Desarrollo de habilidades de estimación y aproximación. Los PF requieren de cálculos aproximados y estimados en base a razonamientos lógicos y razonables, lo que sirve para que cada alumno o alumna pueda concluir que los resultados obtenidos a partir de aproximaciones son válidos y proporcionan mucha información que puede ser utilizada para orientar el

trabajo a realizar para la resolución exacta de cada problema, entre otras cosas.

- Fomento del pensamiento crítico y el razonamiento lógico. Cuando alguien se encuentra en la tesitura de resolver un PF, es necesario que las aproximaciones y estimaciones tengan sentido físico o químico. Para ello, es necesario hacer un análisis de la información disponible, de las variables y las relaciones entre ellas y trabajar en base al conocimiento científico ya asimilado. A través de esto, se quiere establecer una relación efectiva entre el trabajo dentro del aula y la vida fuera de la misma, donde pongan en práctica las habilidades personales adquiridas.
- Promover trabajo en equipo y colaboración entre iguales. Por la descripción de tareas a realizar en esta SA, se tiene como objetivo promover el trabajo cooperativo y el debate científico a partir de la resolución en grupos pequeños y la puesta en común de posibles soluciones a PF.
- Aumento de la confianza y autoestima ante la resolución de problemas. Cuando se resuelve un PF se pone el foco en el proceso y los razonamientos realizados durante el mismo, no en el resultado. Esto reduce las inseguridades y miedos a equivocarse en las soluciones de los problemas, animando a tomar decisiones y fomentando su confianza y una mentalidad de aprendizaje continuo de la materia. Se pretende con esto que el alumnado esté más motivado y con una actitud más proactiva y positiva ante la materia.

En resumen, el objetivo principal que atraviesa toda esta SA es reforzar los saberes básicos de todas las Unidades Didácticas que así lo permitan aprovechando que los PF se pueden plantear como problemas sencillos, concretos y contextualizados, fomentando el aprendizaje significativo de la materia siempre centrado en cada estudiante.

4.3. LA PROPUESTA EN LA LEY EDUCATIVA

La LOMLOE, (2020) establece que todo el proceso educativo debe ser concebido y diseñado con el estudiante colocado en el centro de su propio aprendizaje,

para fomentar la adquisición y el desarrollo competencial de cada persona. Esta SA está diseñada para seguir dicha línea de actuación, donde se busca la adquisición de competencias y la aplicación del conocimiento al día a día de cada cual.

De acuerdo al «Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria.», (2022) se detallan a continuación los saberes básicos, competencias específicas y criterios de evaluación que se trabajan con esta SA.

SABERES BÁSICOS

Al ser una SA propuesta para realizarse durante todo el curso, se tratarán saberes básicos de los 5 bloques en los que se divide el conocimiento de la materia en el curso: A. Las destrezas científicas básicas, B. La materia, C. La energía, D. La interacción y E. El cambio. En el Anexo II están detallados los contenidos referidos a cada bloque de saberes.

En la práctica pedagógica, la organización de estos saberes se hace de tal manera que se comience con el bloque de Química en primer lugar y se finalice el curso trabajando los contenidos asociados a la Física. Esta estructura de los contenidos es elegida para que el alumnado pueda ir adquiriendo las herramientas matemáticas necesarias para la correcta adquisición de conceptos de esta materia y su posterior uso y aplicación en la resolución de problemas.

El orden que seguirán los saberes en esta SA está tomado del libro de texto de la Editorial SM: SAVIA, donde hasta el Tema 6 incluido corresponden a saberes de Química y del 7 en adelante, de Física. (Cañas Cortázar et al., 2016) Se trata de un libro de texto adaptado a los contenidos de la LOMCE, el que se seguía en el centro donde realicé las prácticas de este Máster. La elección de este libro como índice y no otro ya adaptado a los requerimientos de la LOMLOE ha sido por la falta de ejemplos disponibles con este segundo supuesto. Los contenidos a tratar son los siguientes:

- Tema 1: El trabajo científico. Unidad de introducción a la asignatura.
- Temas 2 y 3: El átomo y el enlace químico. Formulación inorgánica según las normas de la IUPAC.
- Tema 4: Cambios físicos y químicos. Introducción a las reacciones químicas y los cálculos estequiométricos. Concepto de mol. Molaridad, molaridad, concentración en masa, en volumen. Disoluciones.
- Tema 5: Aspectos energéticos y cinéticos de las reacciones químicas. Reacciones endotérmicas y exotérmicas y velocidad de reacción.
- Tema 6: Introducción a la química del carbono. Formulación orgánica según normas de la IUPAC.
- Tema 7: Estudio del movimiento. Cinemática. Estudio de movimientos y magnitudes asociadas.
- Tema 8: Las leyes de Newton. Estudio de las 3 Leyes de Newton y aplicaciones.
- Tema 9: Fuerzas en la naturaleza. Fuerzas de interés.
- Tema 10: Hidrostática y física atmosférica. Fluidos.
- Temas 11 y 12: Energía mecánica y trabajo. Energía térmica y calor. Introducción al trabajo con energías.

Los bloques que más se trabajarán son aquellos donde sea necesaria la aplicación de cálculos y la puesta en práctica de estrategias de resolución de problemas. Es decir, que en los dos temas relacionados con formulación orgánica e inorgánica no se podrá incluir algún PF al no tener contenido de cálculo asociado, como sí que sucede a lo largo del resto del curso.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

Al estar planteada como hilo conductor del curso, en esta SA se trabajarán las siguientes Competencias Específicas de la asignatura de Física y Química, recogidas en el «Anexo I-a: Materias de Educación Secundaria Obligatoria. (Decreto 73/2022)», (2022):

1. Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno, explicándolos en términos de las leyes y

teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana.

Esta competencia lleva implícita en su descripción el desarrollo del pensamiento científico, crítico y el razonamiento lógico para plantearse preguntas que sirvan para comprender el entorno y su funcionamiento. Todo esto proporciona al alumno herramientas científicas para la resolución de problemas y el análisis de resultados.

Esta competencia se relaciona con los siguientes descriptores del Perfil de Salida: CCL1, STEM1, STEM2, STEM4, CPSAA4.

2. Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas.

Esta competencia habla de lo necesario que es que el alumnado utilice conocimientos previos y propios tanto de la materia como de otros ámbitos para avanzar en la adquisición de competencias científicas, siempre razonando críticamente cada paso y decisión tomada, además de fomentar el análisis crítico de problemas y soluciones.

Está relacionada con los siguientes descriptores del Perfil de Salida: CCL1, CCL3, STEM1, STEM2, CD1, CPSAA4, CE1, CCEC3.

3. Manejar con soltura las reglas y normas básicas de la física y la química en lo referente al lenguaje de la IUPAC, al lenguaje matemático, al empleo de unidades de medida correctas, al uso seguro del laboratorio y a la interpretación y producción de datos e información en diferentes formatos y fuentes, para reconocer el carácter universal y transversal del lenguaje científico y la necesidad de una comunicación fiable en investigación y ciencia entre diferentes países y culturas.

Es necesario que cada estudiante adquiriera un nivel de conocimientos y competencias tal que pueda interpretar y producir datos en diferentes fuentes y formatos, seleccionando aquello que sea de utilidad para interpretar el problema planteado y desechando aquello que no sea relevante.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: STEM4, STEM5, CD3, CPSAA2, CC1, CCEC2, CCEC4.

5. Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo, potenciando el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.

El desarrollo de esta competencia lleva al alumno o alumna a trabajar en equipo cooperando con todos los miembros que lo formen y con un compromiso dentro del propio equipo, con valores de respeto y cooperación en el centro del trabajo.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL5, CP3, STEM3, STEM5, CD3, CPSAA3, CC3, CE2.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Asociados a las Competencias Específicas recogidas en el apartado anterior, se evaluará la SA utilizando los Criterios de Evaluación asociados a cada una de ellas respectivamente. Asociados a la Competencia Específica 1:

1.1. Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2. Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

La Competencia Específica 2 se evaluará con un único criterio:

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

En relación con la Competencia Específica 3:

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

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

Finalmente, la Competencia Específica 5 será evaluada con:

5.1. Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.

4.4. DESCRIPCIÓN Y SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES

A lo largo de esta situación de aprendizaje se trabajará utilizando diversas metodologías ajustadas a cada actividad propuesta. Principalmente, se fomentará el aprendizaje cooperativo a través de dinámicas de grupo; el aprendizaje basado en problemas; la discusión guiada; y la exposición dialogada.

Los problemas y estrategias de resolución de los mismos planteados en esta SA están inspirados por el trabajo de Weinstein y Adam, (2008) y Weinstein, (2012).

Esta SA está conformada por 11 sesiones de clase divididas en tres bloques: el primer bloque tendrá una duración de una única sesión para la introducción de la asignatura y la presentación de la actividad; el bloque central de trabajo constará de ocho sesiones de trabajo, una para cada unidad didáctica que lo requiera, de acuerdo al índice de saberes expuesto en el apartado anterior (a excepción de los temas de formulación); el bloque final, de evaluación, constará de dos sesiones dedicadas a exposiciones y dinámicas de alumno profesor para comprobar el nivel de adquisición de competencias a través de esta propuesta. A continuación, se detalla la secuenciación de cada una de las sesiones de trabajo:

Sesión 1: Introducción.

En esta primera sesión se va a presentar el curso de Física y Química, los contenidos a estudiar y los objetivos a alcanzar al final del mismo. Será beneficioso para el buen funcionamiento de la actividad y para conseguir motivar e implicar más al alumnado en la materia y desarrollo de las clases establecer un diálogo en el aula donde se puedan conocer intereses, conocimientos y perspectivas de futuro de la clase. Con esto se puede preparar un plan de trabajo lo más centrado posible en el aprendizaje de cada estudiante con el objetivo de obtener los mejores resultados posibles.

Para continuar la sesión, se hablará de la importancia que tiene saber utilizar aproximaciones y estimaciones en el día a día. Se preguntará a la clase por distintas situaciones donde cada uno de ellos y ellas haya realizado cálculos a partir de datos no exactos. A partir de las respuestas que se vayan obteniendo, el docente deberá de guiar la conversación hacia la utilidad que tiene saber estimar y aproximar magnitudes en las clases de Física y Química.

Para afianzar esta idea e introducir los Problemas de Fermi, se va a hablar de quién era Enrico Fermi y de estos problemas que llevan su nombre, utilizando una presentación como soporte visual. Se contextualizará brevemente el momento histórico en el que vivió Fermi, su trabajo y contribuciones a la Física

y se resolverá de manera conjunta el problema *¿Cuántos afinadores de piano hay en Chicago?*

Una vez explicado el trabajo a realizar, se organizará a la clase en grupos de trabajo, que los propios alumnos deberán formar. Las agrupaciones deberán de ser paritarias y lo más heterogéneas posibles. Estos grupos serán los equipos de trabajo para toda la SA.

Cuando ya están organizados, se va a plantear la resolución de un PF donde cada grupo deberá estimar una magnitud física o química, según el problema que les toque. A continuación, se exponen tres propuestas de posibles PF:

- ¿Cuánta agua podemos recolectar de nuestros tejados en un año en Cantabria? ¿Cómo se compara esta cifra con el gasto anual?
- ¿Cuál es la masa total de plástico que utilizamos en un día? ¿Y en un mes? ¿Y en un año?
- ¿Cuántos granos de maíz son necesarios para llenar una habitación de palomitas?

Se realizará una puesta en común de los resultados obtenidos y el proceso para llegar a los mismos de todos los grupos con la clase.

Sesiones 2 a 9: Trabajo con Problemas de Fermi.

Para cada una de las Unidades Didácticas que lo posibiliten se va a introducir el temario con una sesión dedicada al trabajo con PF. Esto sucederá en todos los temas menos los correspondientes con Formulación orgánica e inorgánica. En total, son 8 unidades y por lo tanto 8 sesiones.

Los objetivos de cada una de las sesiones es acercar el conocimiento científico a la realidad diaria de cada estudiante, favoreciendo el desarrollo habilidades de aproximación y estimación para la resolución de problemas de Física y Química desde el trabajo cooperativo.

Los materiales necesarios para cada sesión serán el proyector para la presentación del problema; la pizarra para la resolución final y puesta en común del trabajo; y material escolar para el trabajo de los y las estudiantes.

En cuanto al desarrollo de la sesión de trabajo, se comenzará siempre realizando un repaso o breve introducción del tema que se va a estudiar, preguntando a la clase por sus conocimientos previos en la materia. A continuación, se proyectará el problema a resolver por los grupos y se iniciará el trabajo en grupos. En el caso de que haya problemas, se pueden dar pistas para orientar el trabajo y las estimaciones necesarias de realizar.

Cuando los grupos hayan terminado de trabajar, o tras un determinado tiempo límite fijado por el docente dependiendo de las necesidades pedagógicas en el aula en ese momento (10 minutos puede ser un tiempo aproximado) se comenzará con la puesta en común de las soluciones alcanzadas y las estimaciones realizadas.

Ya en la pizarra, el docente tomará nota de las estrategias que ha seguido cada grupo para la resolución del problema, poniendo especial atención en las magnitudes que se han aproximado y las razones por las cuales se ha realizado de esa manera. Es importante que desde el primer momento se deje claro que la solución no es única y que la discusión generada sea entorno a las diferencias y similitudes en el trabajo realizado.

En base a los datos recogidos en la pizarra del trabajo de los grupos, el docente resolverá el problema de manera exacta, explicando con detalle cada paso a seguir y cómo se relaciona eso con los cálculos estimados realizados en la primera parte de la clase. En último lugar, el profesor/a hará una síntesis del trabajo realizado y los puntos más importantes a tener en cuenta a la hora de estudiar y resolver problemas en el futuro.

Algunos ejemplos de PF que se pueden proponer para la realización de esta actividad son:

- ¿Cuánto oxígeno se consume en la combustión de gasolina para ir de Santander a Madrid en coche? (Tema 4).
- Durante el terremoto de Pamplona de hace dos años, todos los libros de la biblioteca municipal acabaron en el suelo. ¿Cuántos estudiantes de 4º ESO son necesarios para colocarlos de nuevo en su sitio en un mes? ¿Y para hacerlo en dos semanas? (Tema 5).
- ¿A qué velocidad gira la Tierra alrededor del Sol? (Tema 7).
- ¿Cuánta energía es necesaria para romper una nuez? (Temas 11 y 12).

Sesiones 10 y 11: Exposiciones y evaluación.

Para una parte de la evaluación de esta SA se propone que cada grupo elabore un póster o presentación con un PF original que deberán presentar a la clase. Esta exposición no será una presentación al uso, sino que serán los componentes de cada equipo de trabajo los que actúen como profesores y guías del trabajo del resto de grupos en la resolución de su problema y en cuál es el procedimiento más efectivo para estimar la solución del mismo, adquiriendo un rol de alumno-tutor para esta parte de la actividad.

Esta actividad se desarrollará a lo largo de dos sesiones de trabajo a final del curso, con el objetivo de dar un cierre a todo el curso con la misma actividad con la que se comenzó.

Además, en la última sesión se evaluará la utilidad de los Problemas de Fermi como herramienta pedagógica para el fomento de las actividades de estimación y aproximación en la asignatura de Física y Química. Para esto, se pasará un cuestionario para que los estudiantes demuestren las habilidades adquiridas (véase Anexo III) y otro cuestionario para que valoren la actividad propuesta (véase Anexo IV).

Para finalizar, es importante destacar que esta secuenciación es siempre una primera propuesta y que los tiempos y actividades pueden ajustarse y adaptarse dependiendo de las necesidades que detectemos en el aula y los recursos que tengamos a nuestra disposición. De igual manera, siempre se tratará de

involucrar y fomentar la participación de los estudiantes a través de la utilización de recursos visuales y experimentales que faciliten la comprensión de conceptos científicos.

4.5. EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

El producto final que se obtendrá y según el cual se evalúa esta actividad en el aula será un póster que deberá elaborar cada grupo de trabajo, donde presenten un PF de creación propia que tenga relación con alguno de los contenidos tratados a lo largo del curso.

En ese trabajo final deberán explicar el enunciado a sus compañeros y compañeras y éstos deberán resolver el problema, para la posterior discusión de los métodos utilizados y resultados obtenidos. En esta actividad el grupo que propone cada problema tomará el rol de docente y guiará el debate posterior a la resolución del problema, revelando su propuesta de solución y los motivos por los que han elegido ese mismo trabajo. Con este producto se evaluarán los criterios de evaluación 3.1. y 5.1. por dos vías distintas: coevaluación por parte de los alumnos y alumnas a partir de una lista de verificación del trabajo realizado por sus colegas, y heteroevaluación a partir de una lista de cotejo para la calificación del problema propuesto, donde se tendrá en cuenta originalidad, presentación oral y escrita, adecuación del contenido a lo preguntado y trabajo en grupo.

De igual manera, aprovechando que se trabajará en distintas unidades, cada examen de tema donde se haya incluido una sesión de trabajo con PF, tendrá una pregunta con uno o más apartados donde se pueda evaluar la adquisición de las habilidades de estimación y aproximación de magnitudes científicas y de las unidades y órdenes de magnitud asociadas. Con esto se evaluarán los criterios de evaluación 2.2. y 3.2. en base a una rúbrica de corrección del problema planteado.

Los criterios 1.1. y 1.2. se evaluarán a partir de la observación directa y la participación en las sesiones de trabajo dentro del aula donde esta SA esté teniendo lugar. Al fomentarse el trabajo en grupo y el debate en clase, y suceder

esto mismo durante varias sesiones distintas, se podrá utilizar una lista de verificación para comprobar el nivel que alcanzan de los objetivos propuestos.

4.6. CONSIDERACIONES A FUTURO

A lo largo de este apartado del trabajo se ha descrito una propuesta de SA para llevar al aula e introducir en la docencia los PF como herramienta para trabajar con órdenes de magnitud y los cálculos con estimaciones y aproximaciones con alumnos de 4º ESO.

En este caso no ha sido posible llevar al aula la propuesta didáctica por lo ajustado del calendario académico de este curso en el centro educativo en el que estuve realizando las prácticas. En el caso de haber sido posible, se hubiera adaptado esta propuesta de tal forma que se hubiera realizado una investigación educativa con un grupo de control para estudiar la utilidad de los Problemas de Fermi como herramienta para fomentar la capacidad de estimar y aproximar magnitudes. Esta investigación duraría tres sesiones, divididas en introducción y explicación de la actividad, resolución de problemas y puesta en común de soluciones.

La sesión de introducción seguiría el mismo esquema descrito en la SA, con una explicación de quién era Enrico Fermi, sus contribuciones a la Física, el contexto histórico en el que desarrolló su labor investigadora y finalizando con una definición y ejemplos del tipo de problemas que lleva su nombre.

En la segunda sesión se repartirían distintos problemas a cada grupo de trabajo para resolver en la duración de la hora de clase, utilizando estimaciones y aproximaciones de magnitudes determinadas. Los problemas tendrían relación con el temario de la asignatura y los intereses de los y las estudiantes de esa clase, con el objetivo de facilitar el proceso hasta alcanzar el resultado esperado.

En la tercera y última sesión se pondrán en común todos los resultados obtenidos por los distintos grupos y se pasará un cuestionario de control (véase Anexo III) con el que comprobar si se han asimilado los conceptos de aproximación y estimación y un formulario para valorar la utilidad de la herramienta por parte del

alumnado, del que se podrá extraer información acerca de cómo han visto la actividad, si consideran que ha sido útil, si utilizarían estas habilidades en su día a día o en clase alguna vez más, etc. El cuestionario a utilizar está en el Anexo IV.

Además de todo esto, sería interesante comprobar cómo responde el alumnado de diferentes cursos y edades ante este tipo de propuestas, para valorar si afecta la madurez, el nivel de Competencia Matemática y Comprensión Lectora en cada etapa educativa o el conocimiento del mundo en el que viven, entre otras.

5. CONCLUSIONES

A lo largo de este Trabajo Fin de Máster se ha tratado de dar respuesta a algunos interrogantes acerca de cómo hacer la enseñanza de la Física y Química más atractiva para el alumnado en la etapa de la Educación Secundaria.

Si bien la metodología tradicional basada en clases magistrales y resolución de problemas para la enseñanza en las materias con contenido científico es la utilizada de manera generalizada, es necesario adaptar las sesiones de clase a la nueva situación social y a los cambios que sufre el estudiantado a lo largo de su adolescencia, adaptando las lecciones y explicaciones a sus inquietudes, su capacidad de trabajo y ritmo de asimilación de contenidos. Esto se puede hacer introduciendo nuevas metodologías propias del trabajo de la ciencia, fomentando el trabajo cooperativo y la adquisición de pensamiento crítico, tal y como recoge la LOMLOE.

Las habilidades de estimación y aproximación forman parte del día a día de cada individuo. Sin embargo, dentro del aula no se aprovecha todo el potencial que pueden tener como herramientas de resolución de problemas, para aprender a manejar datos y resultados ajustados dentro del sentido físico o químico según la pregunta realizada.

Con el objetivo de aprovechar y fomentar estas habilidades en los y las estudiantes, se presentan los Problemas de Fermi como una alternativa interesante para acercar la ciencia al día a día de los alumnos y alumnas, motivando y promoviendo una actitud proactiva ante la asignatura a la vez que se trabaja en buscar un resultado a dicho problema utilizando estimaciones de cantidades en base a conocimientos previos de la materia o el ambiente de cada cual.

Como en la resolución de PF no se busca la obtención de una respuesta exacta, sino una aproximación relativamente cercana, se pone el foco del estudio en el proceso que el alumnado sigue para alcanzar una respuesta. Así se elimina una parte de la presión y el miedo con el que se enfrentan a muchas cuestiones en la asignatura, promoviendo la confianza en el trabajo científico.

La SA que aquí se ha descrito se propone como eje vertebrador de todo un curso de 4º ESO en Física y Química, desde una perspectiva de la enseñanza transversal centrada en cada uno de los participantes de la clase. Con esta SA se pretende fomentar el trabajo en grupo y la adquisición de competencias científicas de manera progresiva a lo largo de todo un curso, promoviendo el desarrollo de habilidades de aproximación y estimación.

Para que esta SA consiga generar un aprendizaje significativo de la materia, es necesario que nosotras, como docentes, estemos preparadas para adaptarnos a las necesidades e inquietudes de cada grupo con el que trabajemos, de manera que los PF propuestos en cada circunstancia sean lo más ajustados al contenido de la asignatura y a la vez lo más cercano a lo cotidiano de los y las estudiantes.

Como conclusión, la práctica educativa se ve enriquecida con el uso de los PF ya que permite la aplicación de conocimientos científicos, el desarrollo de habilidades de aproximación y estimación, a la vez que fomenta el desarrollo del pensamiento crítico, el trabajo en equipo y elimina el miedo anterior. La propuesta aquí expuesta está alineada con la legislación educativa vigente. Además, proporciona al alumnado experiencias para fomentar el aprendizaje significativo y aplicable en la vida, en forma de preparación tanto para futuros desafíos científicos como cotidianos de manera efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. A. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): El marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46.
- Albarracín, L., Fernando, I., y Boliart, J. (2017). Estudio de los modelos matemáticos producidos por alumnos de Enseñanza Obligatoria al resolver un Problema de Fermi. En J. M. Muñoz Escolano, A. Arnal Bailera, P. Beltrán Pellicer, M. L. Callejo de la Vega, & J. Carrillo Yáñez (Eds.), *Investigación en Educación matemática XXI*. Universidad de Zaragoza.
- Almirón, M., Salica, M., y Parro, S. (2020). Modelos de conocimiento didáctico del contenido científico y tecnológico en docentes de Química y Física. *Tecné, Espisteme y Didaxis:TED.*, 48, 127-141. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-12384>
- Anexo I-a: Materias de Educación Secundaria Obligatoria. (Decreto 73/2022). (2022). «BOC», núm. 151.
- Ärleback, J. B., y Albarracín, L. (2019). The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies. *ZDM - Mathematics Education*, 51(6), 979-990. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01075-3>
- Campelo Arruda, J. R. (2003). Un Modelo Didáctico para Enseñanza Aprendizaje de la Física (A Didactic Model for the Physics Teaching-Learning). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(1). <https://doi.org/10.1590/S0102-47442003000100011>

- Cañas Cortázar, A., Caamaño Ros, A., Viguera Llorente, J. Á., & De Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (2016). *Física y Química: 4ºESO*. SAVIA. SM.
- Castro-Zubizarreta, A., Calvo Salvador, A., Haya Salmón, I., Lázaro Visa, S., Moral del Hoyo, C., Voces Fernández, J., Álvarez Causelo, P., Fioravanti Villanueva, M. A., Lázaro del Pozo, M. C., Mier Maza, J. Á., García Alonso, M. del C., y Cuesta García, Á. (2023). *Situaciones de aprendizaje: Concepto, diseño y desarrollo. Marco curricular LOMLOE* (A. Castro-Zubizarreta, Ed.). Universidad de Cantabria.
- Comisión Europea. (2012). *La enseñanza de las ciencias en Europa: Políticas nacionales, prácticas e investigación*. (Ministerio de Educación y Ciencia, Ed.). Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Consejo Europeo. (2018). *Recomendación de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente*. Unión Europea.
- Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. (2022). «BOC», núm. 151.
- Delgado Santana, A. E. (2012). *Manual de actividades con perspectiva de género para las clases de Química de Tercer grado de Secundaria*. Universidad Pedagógica Nacional.
- García Navarro, J. M. (2013). Problemas de Fermi. Suposición, estimación y aproximación 1. *Épsilon - Revista de Educación Matemática*, 30(2)(84), 57-68.

- Gil Pérez, D., Martínez Torregosa, J., y Senent Pérez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de Física: Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2), 131-146.
- Gimeno Sacristán, J., Pérez Gómez, A. I., Martínez Rodríguez, J. B., Torres Santomé, J., Angulo Rasco, F., y Álvarez Méndez, J. M. (2011). *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Ediciones Morata.
- Gomez, M. (2023, mayo 8). ¿Cómo saber a qué distancia está una tormenta? El tiempo.es. <https://www.eltiempo.es/noticias/que-distancia-esta-una-tormenta>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (2006). «BOE», núm. 106.
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (2020). «BOE», núm. 340.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. (2013). «BOE», núm. 295.
- Ling, S. J., Sanny, J., y Moebis, W. (2021). *Física Universitaria Volumen 1*. OpenStax. <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/1-introduccion>
- Lopez Velasco, J., Lupión Cobos, T., y Mirabent Martínez, A. (2005). Situación Actual de la Enseñanza de la Física y de la Química en la Educación Secundaria: «Estado Crítico». En *Didáctica de la física y la química en los distintos niveles educativos*. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

- Mahajan y Sanjoy. (2014). *The Art of Insight in Science and Engineering: Mastering Complexity*. The MIT Press.
- Marchán-Carvajal, I., y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educacion Quimica*, 26(4), 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (s. f.). *Competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería*. Recuperado 17 de mayo de 2023, de <https://educagob.educacionyfp.gob.es/curriculo/curriculo-lomloe/menu-curriculos-basicos/ed-primaria/competencias-clave/mat-ciencia-tec.html>
- Moya Otero, J., y Luengo Horcajo, F. (2021). Un currículo escolar basado en situaciones de aprendizaje. En *Educación para el siglo XXI: reformas y mejoras. LOMLOE, de la norma al aula* (pp. 131-140). Anaya.
- Obituary. (1954, noviembre 29). *Enrico Fermi Dead at 53; Architect of Atomic Bomb*. The New York Times. <https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/learning/general/onthisday/bday/0929.html>
- OCDE. (2019). *Resultados informe PISA 2018*.
- Poo, A. (2011). Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. En Ministerio de EducaciónSecretaría General Técnica (Ed.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 13-29). Editorial Grao.

- Schwartz, D. N. (2017). *The Last Man Who Knew Everything: The Life and Times of Enrico Fermi, Father of the Nuclear Age*. Hachette UK.
- Segré, G., y Hoerlin, B. (2017). *Pope Of Physics: Enrico Fermi and the Birth of the Atomic Age*. Picador Paper.
- Toma, R. B., y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- von Baeyer, H. C. (1988). How Fermi Would Have Fixed It. *The Sciences*, 28(5), 2-4. <https://doi.org/10.1002/j.2326-1951.1988.tb03037.x>
- Weinstein, L. (2012). *Guesstimation 2.0: Solving today's problems on the back of a napkin*. Princeton University Press.
- Weinstein, L., y Adam, J. A. (2008). *Guesstimation: Solving the world's problems on the back of a cocktail napkin*. Princeton University Press.
- Zafra, I. (2023). *EBAU: El nuevo decreto de selectividad aumenta la duración de los exámenes y cambia las reglas para revisar su corrección*. El País. <https://elpais.com/educacion/2023-02-08/el-nuevo-decreto-de-selectividad-aumenta-la-duracion-de-los-examenes-y-cambia-las-reglas-para-revisar-su-correccion.html>

ANEXO I: Competencias específicas de la asignatura de Física y Química y su relación con las competencias clave.

	DESCRPTORES		COMPETENCIAS ESPECÍFICAS					
			1	2	3	4	5	6
COMPETENCIAS CLAVE	CCL	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	CP	1						
		2						
		3						
	CSTEM	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	CD	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	CPSAA	1						
		2						
		3						
		4						
	CC	1						
		2						
		3						
		4						
	CE	1						
		2						
		3						
	CCEC	1						
		2						
		3						
		4						

Tabla con la relación entre competencias clave, competencias específicas de la asignatura de Física y Química y descriptores del Perfil de Salida. *Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos del «Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria.», (2022).*

ANEXO II: Saberes básicos Física y Química 4º ESO

A. Las destrezas científicas básicas
- Metodologías de la investigación científica: identificación y formulación de cuestiones, elaboración de hipótesis y comprobación experimental de las mismas. - Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas y en el desarrollo de investigaciones mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones. - Diversos entornos y recursos de aprendizaje científico como el laboratorio o los entornos virtuales: materiales, sustancias y herramientas tecnológicas. - Normas de uso de cada espacio, asegurando y protegiendo así la salud propia y comunitaria, la seguridad en las redes y el respeto hacia el medio ambiente. - El lenguaje científico: unidades del Sistema Internacional y sus símbolos. Herramientas matemáticas básicas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje. - Estrategias de interpretación y producción de información científica utilizando diferentes formatos y diferentes medios: desarrollo del criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria. - Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química en el avance y la mejora de la sociedad.
B. La materia
- Teoría cinético-molecular: aplicación a observaciones sobre la materia explicando sus propiedades, los estados de agregación, los cambios de estado y la formación de mezclas y disoluciones.

- Experimentos relacionados con los sistemas materiales: conocimiento y descripción de sus propiedades, su composición y su clasificación.
- Estructura atómica: desarrollo histórico de los modelos atómicos, existencia, formación y propiedades de los isótopos; existencia y formación de iones y ordenación de los elementos en la tabla periódica.
- Principales compuestos químicos: su formación y sus propiedades físicas y químicas, valoración de sus aplicaciones. Masa atómica y masa molecular.
- Nomenclatura: participación de un lenguaje científico común y universal formulando y nombrando sustancias simples, iones monoatómicos y compuestos binarios mediante las reglas de nomenclatura de la IUPAC.

C. La energía

- La energía: formulación de cuestiones e hipótesis sobre la energía, propiedades y manifestaciones que la describan como la causa de todos los procesos de cambio.
- Diseño y comprobación experimental de hipótesis relacionadas con el uso doméstico e industrial de la energía en sus distintas formas y las transformaciones entre ellas.
- Elaboración fundamentada de hipótesis sobre el medio ambiente y la sostenibilidad a partir de las diferencias entre fuentes de energía renovables y no renovables.
- Fuentes de energía en Cantabria: contextualización en Cantabria de las plantas de producción de energía eléctrica y empresas vinculadas
- Efectos del calor sobre la materia: análisis de los efectos y aplicación en situaciones cotidianas.
- Naturaleza eléctrica de la materia: electrización de los cuerpos, circuitos eléctricos y la obtención de energía eléctrica. Concienciación sobre la necesidad del ahorro energético y la conservación sostenible del medio ambiente.

D. La interacción

- Predicción de movimientos sencillos a partir de los conceptos de la cinemática, formulando hipótesis comprobables sobre valores futuros de estas magnitudes, validándolas a través del cálculo numérico, la interpretación de gráficas o el trabajo experimental. - Las fuerzas como agentes de cambio: relación de los efectos de las fuerzas, tanto en el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo como produciendo deformaciones en los sistemas sobre los que actúan. - Aplicación de las leyes de Newton: observación de situaciones cotidianas o de laboratorio que permiten entender cómo se comportan los sistemas materiales ante la acción de las fuerzas y predecir los efectos de estas en situaciones cotidianas y de seguridad vial. - Fenómenos gravitatorios, eléctricos y magnéticos: experimentos sencillos que evidencian la relación con las fuerzas de la naturaleza.
E. El cambio - Los sistemas materiales: análisis de los diferentes tipos de cambios que experimentan, relacionando las causas que los producen con las consecuencias que tienen. - Interpretación macroscópica y microscópica de las reacciones químicas: explicación de las relaciones de la química con el medio ambiente, la tecnología y la sociedad. - Ley de conservación de la masa y de la ley de las proporciones definidas: aplicación de estas leyes como evidencias experimentales que permiten validar el modelo atómico-molecular de la materia. - Factores que afectan a las reacciones químicas: predicción cualitativa de la evolución de las reacciones, entendiendo su importancia en la resolución de problemas actuales por parte de la ciencia.

Tabla con el desglose de los bloques de saberes básicos para el cuarto curso de ESO según la LOMLOE. *Fuente: «Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria.», (2022)*

ANEXO III: Cuestionario de control

PROBLEMAS DE FERMI

NOMBRE Y APELLIDOS

GRUPO

A continuación, encontraréis dos Problemas de Fermi para resolver utilizando aproximaciones y las técnicas aprendidas a lo largo del curso. Recordad que lo importante de este tipo de problemas no es obtener un resultado muy fiable y preciso, sino estimar y aproximarse lo máximo posible haciendo cálculos sencillos.

PROBLEMA 1:

Si desenrollamos todo el papel higiénico utilizado en Cantabria a lo largo de un año, ¿llegaríamos hasta Madrid?

PROBLEMA 2:

¿Cuántas moléculas de oxígeno (O_2) inhala un adulto al día?

ANEXO IV: Cuestionario evaluación herramienta

CUESTIONARIO EVALUACIÓN

En este cuestionario se presentan distintas afirmaciones acerca de la actividad realizada. ES TOTALMENTE ANÓNIMO. Por favor, marca en la escala del 1 al 5 tu puntuación, siendo 1 “TOTALMENTE EN DESACUERDO” y 5 “TOTALMENTE DE ACUERDO”.

	1	2	3	4	5
Las explicaciones se han entendido fácilmente					
La clase ha sido interesante					
He aprendido algo que no sabía antes de la clase					
Los problemas han sido interesantes					
Ha sido fácil hacer aproximaciones					
Me ha parecido complicado utilizar números muy grandes					
Sabía que hacer en cada paso en los problemas					
Los problemas eran fáciles de resolver					

Ahora, necesito que me respondas a las siguientes preguntas:

- ¿Qué has aprendido durante esta actividad?
- ¿Sabías algo de lo que hemos tratado en esta actividad antes de verlo en clase?

- ¿Crees que es útil saber utilizar aproximaciones y estimaciones en tu día a día?

Finalmente, te dejo un espacio por si quieres dejarme algún comentario u opinión sobre la actividad. ¡Muchas gracias por tu colaboración!