



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

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

**Propuesta de una situación de aprendizaje
basada en el uso de la Inteligencia Artificial en
la asignatura de Física y Química del primer
curso de Bachillerato**

Autor: Diego Herreras Silva

Tutores: Ana María Ares Sacristán;

Adrián de la Fuente Ballesteros

2023/2024

Resumen

En este Trabajo Fin de Máster se propone una situación de aprendizaje sobre inteligencia artificial relacionada con los contenidos curriculares de la asignatura de Física y Química del primer curso de Bachillerato bajo el marco competencial de la LOMLOE en Castilla y León. La inteligencia artificial es una potente herramienta en muchos ámbitos tales como el marketing o la economía. No obstante, su presencia no es menos importante en la educación, posibilitando automatizar procesos de evaluación, una tutorización personalizada o predecir los resultados académicos de los alumnos en función de distintas variables. Así, en esta propuesta, los alumnos se familiarizarán con ChatGPT y Elicit, dos herramientas de inteligencia artificial novedosas con las que se busca adecuarse al ritmo de aprendizaje del alumno y suplir problemas tales como el abandono de la asignatura. De esta manera, a través del uso de estos recursos los alumnos resolverán distintos casos prácticos donde profundizarán acerca de conceptos relacionados con cinemática, estática, dinámica, energía, reacciones químicas y química orgánica. Además, con esta propuesta se busca una educación individualizada para lograr en ellos un aprendizaje significativo, fomentando también su curiosidad y creatividad sobre los contenidos fisicoquímicos trabajados a lo largo del curso. Tal y como establece el marco legislativo, la evaluación de la misma debe realizarse por competencias, siendo especialmente relevantes en este caso la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería y la competencia digital. Por ello, para garantizar la rigurosidad en la evaluación se ha elaborado una rúbrica, considerando distintos indicadores crecientes de logro. Esta propuesta supone una primera aproximación a la normalización del uso de la inteligencia artificial en la educación de la Física y la Química, esperándose que en un futuro tenga aplicabilidad en centros educativos.

Palabras clave

Inteligencia Artificial, Situación de aprendizaje, Física y Química, Bachillerato.

Abstract

In this Master's Thesis, a learning scenario about artificial intelligence is proposed, relating to the curricular contents of the Physics and Chemistry subject for the first year of high school within the competency framework of the LOMLOE in Castilla y León. Artificial intelligence is a powerful tool in many fields such as marketing or economics. However, its presence is no less important in education, allowing for the automation of evaluation processes, personalized tutoring, or predicting students' academic results based on different variables. Thus, in this proposal, students will become familiar with ChatGPT and Elicit, two innovative artificial intelligence tools aimed at adapting to the student's learning pace and addressing issues such as course abandonment. By using these resources, students will solve various practical cases where they will delve into concepts related to kinematics, statics, dynamics, energy, chemical reactions, and organic chemistry. Additionally, this proposal aims for individualized education to achieve meaningful learning, fostering their curiosity and creativity about the physicochemical content worked on throughout the course. As established by the legislative framework, the evaluation of the same must be competency-based, with particular relevance in this case to mathematical competence and competence in science, technology, and engineering, as well as digital competence. Therefore, to ensure rigorous evaluation, a rubric has been developed, considering different increasing achievement indicators. This proposal represents a first approach to the normalization of the use of artificial intelligence in the education of Physics and Chemistry, with the expectation that it will be applicable in educational centers in the future.

Keywords

Artificial intelligence, Learning situation, Physics and Chemistry, Bachillerato.

Índice

1.- Introducción	9
2.- Justificación	12
3.- Objetivos	14
4.- Fundamentación teórica	15
4.1.- Inteligencia Artificial (IA)	15
4.2.- Ley de educación actual: LOMLOE	20
4.3.- Metodología de indagación	24
5.- Situación de aprendizaje: “La Inteligencia Artificial en el aula: resolución de diferentes problemas fisicoquímicos.”	25
5.1.- Contextualización	25
5.2.- Estructura de la situación de aprendizaje	25
5.3.- Metodología	33
5.4.- Temporalización	33
5.5.- Atención a la diversidad	34
5.6.- Recursos necesarios	35
5.7.- Evaluación	36
6.- Conclusiones	40
7.- Referencias bibliográficas	41
Anexos	44

Índice de Tablas

Tabla 1.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico A.....	32
Tabla 2.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico B.....	32
Tabla 3.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico C.	33
Tabla 4.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico D.	33
Tabla 5.- Temporalización de la situación de aprendizaje.....	34
Tabla 6.- Relación competencias – actividad de la situación de aprendizaje.....	37
Tabla 7.- Rúbrica de evaluación de la situación de aprendizaje.	38
Tabla 8.- Descriptores operativos de la CCL (Decreto 40, 2022).....	44
Tabla 9.- Descriptores operativos de la CP (Decreto 40, 2022).....	45
Tabla 10.- Descriptores operativos de la competencia STEM (Decreto 40, 2022).	46
Tabla 11.- Descriptores operativos de la CD (Decreto 40, 2022).....	47
Tabla 12.- Descriptores operativos de la CPSAA (Decreto 40, 2022).	48
Tabla 13.- Descriptores operativos de la CC (Decreto 40, 2022).....	49
Tabla 14.- Descriptores operativos de la CE (Decreto 40, 2022).....	50
Tabla 15.- Descriptores operativos de la CCEC (Decreto 40, 2022).....	51

Índice de Figuras

Figura 1.- Ejemplo de redacción del prompt en ChatGPT.	19
Figura 2.- Plan de trabajo de la situación de aprendizaje.....	25
Figura 3.- Cuestionario sobre IA pre-situación de aprendizaje.	26
Figura 4.- Casos prácticos a resolver empleando ChatGPT.....	28
Figura 5.- Cuestionario sobre IA tras la situación de aprendizaje.....	31
Figura 6.- Transcripción de la conversación con ChatGPT sobre el Caso C.	61
Figura 7.- Información obtenida con Elicit relativa al Caso C.	62

Abreviaturas

AGI: *Artificial General Intelligence*.

ANI: *Artificial Narrow Intelligence*.

ASI: *Artificial Superintelligence*.

CC: Competencia Ciudadana.

CCEC: Competencia en Conciencia y Expresión Culturales.

CCL: Competencia en Comunicación Lingüística.

CD: Competencia Digital.

CE: Competencia Emprendedora.

CP: Competencia Plurilingüe.

CPSAA: Competencia Personal, Social y de Aprender a Aprender.

ESO: Educación Secundaria Obligatoria.

FyQ: Física y Química.

GPEI: *Goal Prompt Evaluation Iteration*.

IA: Inteligencia Artificial.

LOMLOE: Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

STEM: Competencia Matemática y Competencia en Ciencia, Tecnología e Ingeniería.

TDAH: Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad.

TEA: Trastorno del Espectro Autista.

TFM: Trabajo Fin de Máster.

1.- Introducción

A lo largo de la historia se han empleado diversas definiciones para el término educación. Tal vez una de las más acertadas y completas sea la que propone (Sarramona, 1991): *la educación es un proceso esencialmente dinámico entre dos personas, que proporciona las metas y ayudas para alcanzar las metas del hombre, partiendo de la aceptación consciente del sujeto, que pretende el perfeccionamiento del individuo como persona, que busca la inserción activa y consciente del individuo en el medio social, que significa un proceso permanente e inacabado a lo largo de toda la vida humana, que el estado resultante, aunque no definitivo, supone una situación duradera y distinta del estado original del hombre.*

Asimismo, la educación se fundamenta en cuatro pilares básicos:

- Aprender a conocer: supone ejercitar atención, memoria y pensamiento crítico.
- Aprender a hacer: supone poder influir de alguna u otra forma en el entorno.
- Aprender a vivir juntos: supone conseguir aquellas destrezas para desenvolverse adecuadamente en las actividades humanas.
- Aprender a ser: supone un compendio de los tres pilares anteriores, siendo este el fin último de la educación.

Por tanto, como se deduce de lo anteriormente mencionado, la educación está íntimamente relacionada con la sociedad, pudiéndose distinguir así tres tipos:

- Educación formal: se trata de la educación al uso, la cual tiene lugar en una institución regulada administrativamente, finalizándose en la obtención de títulos o certificados.
- Educación no formal: se trata de una educación proporcionada también por una institución, pero fuera del sistema escolar formal, careciendo por tanto de reconocimiento oficial.
- Educación informal: se trata de acciones sociales con consecuencias educativas.

Así, en la actualidad se opta mayoritariamente por una educación formal, en la que el estudiante acude a un centro escolar en el que se le proporciona una formación básica en los primeros ciclos, una formación intermedia en Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Bachillerato y ciclos formativos y una formación superior específica en la universidad.

También es bien sabido que la educación a lo largo del tiempo ha sido cambiante, planteándose diferentes leyes de educación (actualmente denominada LOMLOE cuya característica fundamental es la evaluación competencial), siempre con el fin de que fuera de la mayor calidad posible, buscándose una significancia en el proceso enseñanza-aprendizaje (Ausubel, 1983). Este proceso es fundamental para conseguir el correcto desarrollo tanto personal como profesional de los alumnos.

Así, con el paso del tiempo han ido surgiendo diversas y novedosas metodologías, muchas de ellas aplicables en asignaturas de índole científico, tales como la Física o la Química. Una de las más conocidas es el aula invertida o *"flipped classroom"*. En ella, se proporciona el material de las sesiones vía online a los alumnos, reservándose las sesiones presenciales para la realización de casos prácticos o resoluciones de dudas. Se ha comprobado que esta metodología ha resultado significativamente efectiva a la hora de enseñar los contenidos de Química en institutos (Syakdiyah et al, 2018). Otra de las metodologías que conviene tener en cuenta es el aprendizaje basado en problemas, donde se enfatiza el espíritu crítico de los alumnos a través de problemas que ocurren en la vida cotidiana. Así, trabajando de forma conjunta deben resolver los problemas propuestos por el docente. Esta metodología tiene especial cabida en la asignatura de Física y Química (FyQ), ya que sus contenidos están presentes continuamente a nuestro alrededor (Miterianifa et al, 2020). También, el docente puede emplear el aprendizaje basado en proyectos, que consiste en trabajos interdisciplinarios cercanos a la realidad del alumnado. De este modo, debido a la inherente practicidad de la asignatura de FyQ, esta metodología es realmente importante para lograr aprendizajes significativos (Holubova, 2008). Por otra parte, los aprendizajes cooperativos y colaborativos cobran también gran relevancia. Mientras que los primeros consisten en un trabajo autónomo guiado por el profesor, los segundos se focalizan en un aprendizaje grupal, en el que los alumnos trabajan y aúnan ideas y datos para resolver problemas comunes, todo ello facilitado por el docente. Ambos son aplicables en las enseñanzas de FyQ, consiguiendo unos resultados significativamente superiores a los obtenidos en clases expositivas al uso (Akçay et al 2012; Harefa & Suyanti, 2019). Finalmente, otro enfoque que se puede aplicar en esta materia es el aprendizaje por indagación. En este, el alumno se enfrenta a un problema del que ha de encontrar la solución, a través de la formulación de preguntas al profesor y las respuestas (o nuevas preguntas) que este proporciona. Así, se fomenta la capacidad de resolución de problemas y el pensamiento crítico, dos cuestiones vitales en ciencia, tal y como ha demostrado Sutoyo et al., (2019) a la hora de enseñar Química. Además, esta metodología se ha aplicado en prácticas de laboratorio, resultando en una actitud más positiva hacia la asignatura, y afectando también a las emociones del alumno, librándoles de pensamientos negativos hacia la misma, los cuales pueden causar ansiedad (Ural, 2016). También, se ha aplicado en Física, resultando en una mejora sustancial del aprendizaje cognitivo del alumnado (Yulianti et al, 2016).

A medida que han ido surgiendo nuevos modelos de enseñanza, también han ido evolucionando los recursos empleados en la educación, utilizándose desde la pizarra convencional hasta ordenadores, tablets o teléfonos móviles para la realización de proyectos (González et al, 2015). En este sentido, en los últimos años ha cobrado gran importancia la inteligencia artificial (IA), la cual ha tenido un gran desarrollo en diversos campos, tales como el marketing, donde es capaz de automatizar el trabajo minimizando errores humanos, además de poder analizar una gran cantidad de datos (Haleem et al, 2022) o la medicina, donde la IA destaca por su creatividad, siendo capaz de considerar situaciones que a priori pudieran pasar desapercibidas, generando otros posibles diagnósticos (Rajpurkar et al, 2022). De hecho, su presencia también ha tenido relevancia en el ámbito educativo. En primera instancia, se podría pensar que la IA es un recurso novedoso vinculado estrechamente a la competencia digital (CD), siendo aplicable únicamente en asignaturas relacionadas con la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología, e ingeniería (STEM). Esta idea no es del todo correcta, ya que estas herramientas se pueden emplear en la totalidad de las

asignaturas curriculares, debido a la gran transversalidad y versatilidad de las mismas (Mageira et al, 2022). De este modo, la IA en la educación destaca en aplicaciones tales como los sistemas de tutorización inteligente. En ellos, un problema es asignado al alumno y este, con ayuda de un programa de IA específico debe resolverlo, guiándose por las pautas que en él se van comentando. Así, se ha demostrado la utilidad de estos sistemas en FyQ, consiguiéndose aprendizajes más significativos que empleando una sesión explicativa o una práctica de laboratorio (Walsh et al, 2002). Esto es así, ya que, al emplear la IA, el alumno es el protagonista de su propio aprendizaje, al estar este individualizado, pudiéndose adaptar a las necesidades del alumno, como su ritmo de aprendizaje (Myneni et al, 2013). Otra de las posibles aplicaciones de las IAs en educación es puramente predictiva. Para ello, teniéndose en cuenta una serie de factores, características y datos relevantes del alumnado (como su procedencia o estatus socioeconómico familiar) y a través de una serie de algoritmos, es posible prever el comportamiento de los estudiantes ante una determinada asignatura o su situación académica en la misma. En este sentido, en cuanto a la asignatura de FyQ, existen estudios que han aplicado la IA para predecir las calificaciones finales del curso (Zabriskie et al, 2019) y que han estimado qué estudiantes se encuentran con algún riesgo de no superar la materia, no consiguiendo por tanto un aprendizaje significativo (Yang et al, 2020). Por otra parte, la IA es capaz de conseguir la automatización de procesos a través de algoritmos. Por ejemplo, es capaz de evaluar las respuestas de los alumnos al realizar preguntas relacionadas con la FyQ en función de una base de datos proporcionada previamente (Maestrales et al, 2021). Además de todas las aplicaciones descritas anteriormente, la IA en el ámbito educativo se suele asociar fundamentalmente al empleo de *chatbots*, esto es IAs que ofrecen respuestas a las preguntas formuladas por el usuario. Una de las más conocidas es ChatGPT, la cual ha demostrado ser una mejora efectiva en el proceso educativo, al ofrecer guías en la solución de problemas o experiencias interactivas de aprendizaje (Bruneau, 2023). Además, esta herramienta es capaz de generar actividades, tareas y generar ideas creativas en las que el docente se pueda basar para elaborar su propio material. Un ejemplo de ello en el ámbito de la FyQ es el diseño de prácticas de laboratorio (Araújo & Saúde, 2024).

Con todo lo comentado anteriormente, este Trabajo Fin de Máster (TFM) se propone realizar en la asignatura de FyQ de primero de Bachillerato, desarrollándose bajo el marco de la LOMLOE en Castilla y León y versando acerca de la resolución de casos prácticos mediante el empleo de la IA (ChatGPT y Elicit), a través de una metodología basada en la indagación.

2.- Justificación

El sistema de educación actual supone que el profesorado cuenta con aproximadamente entre 25 y 30 alumnos por clase, cada uno de ellos con un ritmo de trabajo y de comprensión distinto. Dado este gran número de estudiantes y la elevada carga de contenidos que se han de impartir, resulta complicado realizar una educación individualizada (Chiner & Cardona, 2012). Debido a esta razón, existe la posibilidad de que muchos alumnos abandonen la asignatura, ya que o bien no encuentran la suficiente motivación o no se les presta la atención suficiente con el fin de lograr un aprendizaje significativo en ellos (Gil et al, 2018). En consecuencia, este TFM busca suplir esta problemática a través de una situación de aprendizaje en la que se emplean *chatbots*, los cuales son un recurso novedoso, pero que cada vez toma más protagonismo en la educación, consiguiendo una mejora en el aprendizaje de conceptos fisicoquímicos que están relacionados, por ejemplo, con el electromagnetismo (Lieb & Goel, 2024) y las propiedades de los diferentes elementos químicos (Korsakova et al, 2022). Más concretamente, se empleará ChatGPT, además de otra herramienta de IA, Elicit, la cual es capaz de proporcionar información concreta contenida en artículos científicos. Se ha optado por seleccionar estas dos herramientas, frente a otras como Gemini o Bing, debido a que son las que más desarrollo han sufrido en los últimos tiempos, y en consecuencia son las más robustas y actualizadas (Dao et al, 2023). Estas IAs almacenan información y la van actualizando y mejorando conforme su uso, por lo que la respuesta proporcionada por las inteligencias es más completa y fiable a medida que se retroalimenta por los usuarios (Teebagy et al, 2023). Además, aunque los componentes, interfaces y modelos de cualquier IA requieren de experiencia en su manejo, la implementación de esta situación de aprendizaje no requiere una formación exhaustiva en conocimientos de IA por parte del docente, lo cual es positivo para su posible realización en el aula. Únicamente se precisa de conocimientos básicos en *chatbots*, y en la escritura adecuada de los comandos que se envían (*prompts*). No obstante, es conveniente que el docente se forme en la medida de lo posible en estas habilidades digitales de cara a futuras propuestas y a innovar en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Lee & Perret, 2022).

Así, la motivación de este trabajo es la introducción de la IA en el aula, ya que con esta herramienta se lograría un aprendizaje significativo al tratarse de actividades completamente individualizadas y tutorizadas. También se busca que, a través de este recurso, los alumnos mejoren su pensamiento crítico, planteándose el por qué de los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor.

Por otra parte, como se comentará posteriormente, la Ley de Educación actual (Ley Orgánica 3, 2020) dicta las características que ha de cumplir cualquier situación de aprendizaje. Así, se busca que esté globalizada (incluyendo contenidos de varios bloques) y sea estimulante (interesando al alumnado), significativa (partiendo de conocimientos previos) e inclusiva (pudiendo participar en ellas todo el alumnado). La situación de aprendizaje diseñada en este TFM cumple con todas ellas. En primer lugar, es globalizada, ya que incluye contenidos de cuatro bloques (cinemática, estática y dinámica, energía, reacciones químicas y química orgánica) de los seis totales que establece la Ley, es estimulante (la IA es una herramienta novedosa, con múltiples aplicaciones, de las que los alumnos han oído hablar y tal vez hayan utilizado), es significativa (se realizará en la época final del curso, por lo que los contenidos aplicables

han sido previamente trabajados en el aula) y es inclusiva (se consideran medidas de atención a la diversidad).

3.- Objetivos

El objetivo general de este TFM es lograr un aprendizaje significativo e individualizado en la asignatura de FyQ del primer curso de Bachillerato empleando las herramientas de IA ChatGPT y Elicit, las cuales permiten adaptarse a las necesidades de cada alumno.

Así, los objetivos específicos del mismo son:

- Revisar las ideas previas que tienen los alumnos acerca de la IA mediante un pre-cuestionario.
- Dotar de conocimientos básicos de IA a estos alumnos (correcta redacción del *prompt* en *chatbots* y búsqueda eficiente de información bibliográfica) mediante la revisión de conceptos de la asignatura FyQ impartidos a lo largo del curso escolar.
- Lograr un aprendizaje significativo e individualizado de algunos conceptos de FyQ.
- Corroborar si la información proporcionada por las IAs es realmente fiable en cuestiones fisicoquímicas.
- Comprobar la concepción de los estudiantes sobre la IA al finalizarse la situación de aprendizaje empleando un post-cuestionario.

4.- Fundamentación teórica

4.1.- Inteligencia Artificial (IA)

La IA se puede entender como la simulación de la inteligencia propia de un ser humano mediante máquinas (sobre todo ordenadores), a través del aprendizaje, del razonamiento y de la autocorrección (S & Raja, 2019). También se puede concebir como el campo que se ocupa de la comprensión computacional de esta, además de la creación de nuevos sistemas que lo integren (Shapiro, 2003). Así, como es lógico, la IA se puede aplicar en gran variedad de situaciones, llegando también a la educación. El funcionamiento de la IA conlleva un aprendizaje automático (conocido como *Machine Learning*) mediante una serie de algoritmos (Montoro et al, 2023). De forma sencilla, se puede entender como un proceso por el que se recolectan datos relevantes del problema a resolver de diversas fuentes, los cuales se procesan convenientemente. Seguidamente, se entrena el modelo escogido, evaluándose posteriormente. Una vez que el modelo alcanza un rendimiento satisfactorio, se despliega en un entorno de producción para realizar predicciones en tiempo real, monitorizando continuamente su desempeño y actualizándolo con nuevos datos.

De esta manera, la IA se divide en tres tipos característicos (Girasa, 2020):

- *Artificial Narrow Intelligence* (ANI): se refiere a aquella IA que es capaz de efectuar una única tarea del que se le hace especialista, como, por ejemplo, un *bot* diseñado específicamente para jugar al ajedrez.
- *Artificial General Intelligence* (AGI): se refiere a la IA que imita la inteligencia humana, aunque carece de algunas capacidades, tales como el razonamiento.
- *Artificial Superintelligence* (ASI): se refiere a aquella IA futurista que sea capaz de superar a la inteligencia humana, conllevando, por tanto, grandes ventajas o detrimentos para la sociedad.

También se puede realizar la siguiente clasificación:

- *Reactive machines*: aquellas IAs que no se benefician de experiencias pasadas, es decir, no tienen memoria.
- *Limited memory*: aquellas IAs que se benefician de experiencias pasadas.
- *Theory of the mind*: aquellas IAs capaces de formar representaciones del mundo que las rodea.
- *Self-awareness*: aquellas IAs futuristas que poseen consciencia.

Estas clasificaciones son compatibles entre sí, siendo las IAs clasificadas en *Reactive machines* equivalentes a las inteligencias artificiales ANI, las *Limited memory* equivalentes a AGI y las *Self-awareness* equivalentes a ASI.

Una vez descritos los diferentes tipos de IA, es importante definir aquel comando dado a la IA para obtener la información o contenido deseado, conocido como *prompt*. La

forma de enunciar el *prompt* es de vital importancia para que la IA se desarrolle exitosamente. Así, se han propuesto varias metodologías para su obtención, como la GPEI (*Goal Prompt Evaluation Iteration*), que consiste en un proceso de cuatro pasos (definir el objetivo, diseñar el *prompt*, evaluar la respuesta e iterar; Velásquez-Henao et al, 2023) y softwares cuya elaboración consta de varias etapas, como la de diseño o la de implementación (Kim, 2023).

Así, para formular correctamente el *prompt* se ha de tener en consideración la siguiente secuencia de pasos:

- Definir el rol y el área de conocimiento.
- Definir el contexto en el que se encuentre.
- Definir la tarea o la pregunta de forma directa y específica.
- Ofrecer cierta información adicional (por ejemplo, tipo de tono, forma de presentación de datos, ejemplificaciones, etc.).
- Establecer restricciones (por ejemplo, el número máximo de palabras de la respuesta de la IA).

A continuación, se muestra un ejemplo de aplicación de este comando que podría realizar un alumno en su día a día con el *chatbot* ChatGPT, (sistema AGI en el que se busca una determinada información a través de preguntas).

Hola, soy un alumno de segundo de la ESO y estoy en la asignatura de Física y Química. Estamos viendo los métodos de separación. ¿Me podrías hacer un esquema de ellos? Dame también un ejemplo de cada tipo y en menos de 1000 palabras.

¡Claro! Aquí tienes un esquema de los métodos de separación de mezclas, con ejemplos para cada tipo:

Métodos de Separación de Mezclas

- 1. Filtración**
 - **Descripción:** Separar un sólido insoluble de un líquido utilizando un filtro.
 - **Ejemplo:** Separar arena del agua.
- 2. Decantación**
 - **Descripción:** Separar dos líquidos inmiscibles o un sólido sedimentado de un líquido, dejando que se depositen y vertiendo el líquido superior.

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- **Ejemplo:** Separar aceite de agua.

3. Centrifugación

- **Descripción:** Utilizar una centrífuga para separar componentes de una mezcla según su densidad.
- **Ejemplo:** Separar la sangre en plasma y células sanguíneas.

4. Tamización

- **Descripción:** Separar sólidos de diferentes tamaños pasando la mezcla por un tamiz.
- **Ejemplo:** Separar arena de grava.

5. Destilación

- **Descripción:** Separar líquidos miscibles basándose en sus diferentes puntos de ebullición.
- **Ejemplo:** Separar alcohol del agua.

6. Evaporación

- **Descripción:** Separar un sólido disuelto en un líquido mediante la evaporación del líquido.
- **Ejemplo:** Obtener sal del agua salada.

 Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.



7. Cristalización

- **Descripción:** Obtener sólidos puros a partir de una solución mediante la formación de cristales.
- **Ejemplo:** Cristalizar azúcar a partir de una solución azucarada.

8. Imantación

- **Descripción:** Separar componentes magnéticos de una mezcla usando un imán.
- **Ejemplo:** Separar limaduras de hierro de arena.

9. Sublimación

- **Descripción:** Separar un sólido que sublima (pasa directamente de sólido a gas) de otros componentes de la mezcla.
- **Ejemplo:** Separar yodo de una mezcla con arena.

10. Extracción

- **Descripción:** Separar componentes de una mezcla utilizando un disolvente que disuelve selectivamente uno de los componentes.
- **Ejemplo:** Extraer cafeína del café utilizando disolventes.

 Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.



11. Cromatografía

- **Descripción:** Separar los componentes de una mezcla basándose en sus diferentes velocidades de desplazamiento a través de un medio.
- **Ejemplo:** Separar los pigmentos de una tinta.

Ejemplos en Detalle

Filtración

- **Proceso:** Se vierte la mezcla sobre un filtro (por ejemplo, papel de filtro) colocado en un embudo. El sólido queda retenido en el filtro y el líquido pasa a través del embudo.
- **Ejemplo Específico:** Filtrar una mezcla de arena y agua usando un filtro de papel.

Decantación

- **Proceso:** Después de dejar reposar la mezcla, el sólido se sedimenta en el fondo del recipiente, o los líquidos inmiscibles forman capas separadas. Se vierte cuidadosamente el líquido superior.

 Envía un mensaje a ChatGPT 

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- **Ejemplo Específico:** Decantar una mezcla de agua y aceite después de dejarlos reposar.

Centrifugación

- **Proceso:** La mezcla se coloca en tubos y se somete a rotación rápida en una centrífuga. Las partículas más densas se mueven hacia el fondo del tubo.
- **Ejemplo Específico:** Separar el plasma de la sangre.

Tamización

- **Proceso:** La mezcla se pasa a través de un tamiz con poros de un tamaño específico. Las partículas más grandes quedan retenidas mientras que las más pequeñas pasan.
- **Ejemplo Específico:** Tamizar una mezcla de arena y grava con un tamiz de malla fina.

Destilación

- **Proceso:** La mezcla se calienta hasta que uno de los componentes hierve. El vapor se condensa en un sistema de refrigeración y se recoge el líquido condensado.
- **Ejemplo Específico:** Destilar una mezcla de alcohol y agua para separar el alcohol.

Evaporación

 Envía un mensaje a ChatGPT 

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

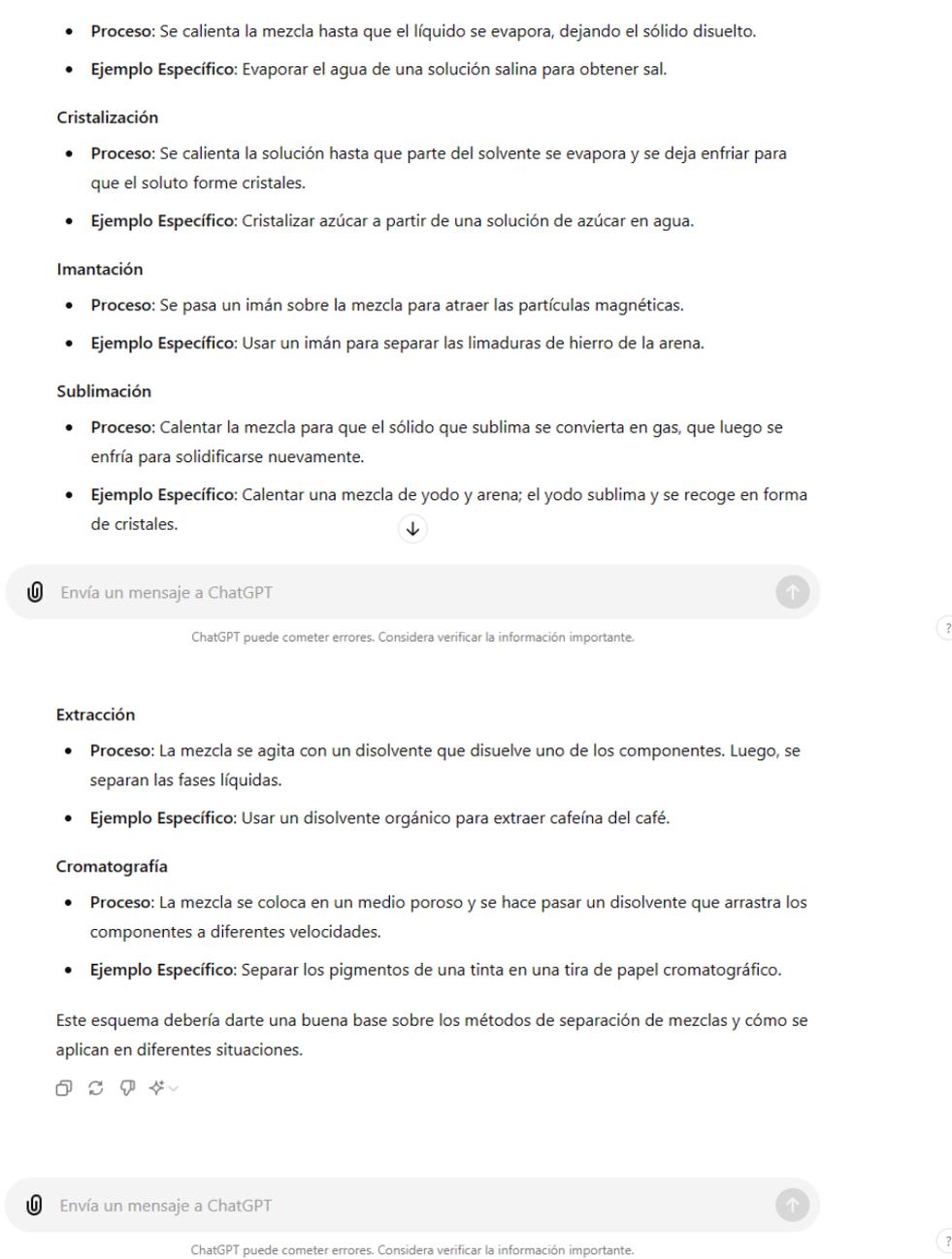


Figura 1.- Ejemplo de redacción del prompt en ChatGPT.

Como se puede observar, la IA tiene cabida en el ámbito educativo y son muchos los autores que recalcan que este recurso es una buena herramienta ya que es capaz de realizar una gran cantidad de tareas tales como una tutorización individualizada, programas o libros de texto digitales que desarrollen los contenidos al ritmo de aprendizaje de cada alumno (Saito & Watanobe, 2020; De-Marcos et al, 2015; Ferrarelli & Iocchi, 2021; Koć-Januchta et al, 2020). No obstante, se debe considerar que este recurso dista todavía de alcanzar su máximo potencial por lo que se recomienda seguir profundizando en ello hasta lograr un perfeccionamiento óptimo donde se use la IA de una manera más concreta y precisa (Grace Lydia et al, 2023).

4.2.- Ley de educación actual: LOMLOE

Para la elaboración de este TFM se ha de tener presente la ley de educación vigente, denominada comúnmente LOMLOE, siendo su nombre completo, *Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación* (Ley Orgánica 3, 2020). Además, debido a que la situación de aprendizaje planteada se desarrolla en la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, se considerará además el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León* (Decreto 40, 2022).

Según este Decreto, y, el *Real Decreto 243/2022, de 5 de abril* (Real Decreto 243, 2022), la etapa de Bachillerato tiene como finalidades:

- *Proporcionar formación, madurez intelectual y humana, conocimientos, habilidades y actitudes que permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y aptitud.*
- *Permitir la adquisición y el logro de las competencias indispensables para el futuro formativo y profesional, y capacitar para el acceso a la educación superior.*
- *Contribuir a la identificación y establecimiento de vínculos compartidos por parte del alumnado con la historia y tradiciones propias, con el fin de reconocer y valorar su patrimonio artístico, cultural y natural, con una actitud de interés, respeto y compromiso que contribuya a su conservación y mejora.*

Por tanto, los objetivos que se pretenden conseguir tras la finalización de la etapa de Bachillerato, teniendo en cuenta la *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo* (Ley Orgánica 2, 2006), el *Real Decreto 243/2022, de 5 de abril* y el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre* son los siguientes.

- *Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.*
- *Consolidar una madurez personal, afectivo-sexual y social que les permita actuar de forma respetuosa, responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever, detectar y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales, así como las posibles situaciones de violencia.*
- *Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades de mujeres y hombres, analizar y valorar críticamente las desigualdades existentes, así como el reconocimiento y enseñanza del papel de las mujeres en la historia e impulsar la igualdad real y la no discriminación por razón de nacimiento, sexo, origen racial o étnico, discapacidad, edad, enfermedad, religión o creencias, orientación sexual o identidad de género o cualquier otra condición o circunstancia personal o social*

- *Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.*
- *Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.*
- *Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.*
- *Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.*
- *Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.*
- *Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.*
- *Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.*
- *Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.*
- *Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.*
- *Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Afianzar los hábitos de actividades físico-deportivas para favorecer el bienestar físico y mental, así como medio de desarrollo personal y social.*
- *Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la movilidad segura y saludable.*
- *Fomentar una actitud responsable y comprometida en la lucha contra el cambio climático y en la defensa del desarrollo sostenible.*
- *Investigar y valorar los aspectos de la cultura, tradiciones y valores de la sociedad de Castilla y León.*
- *Reconocer el patrimonio natural de la Comunidad de Castilla y León como fuente de riqueza y oportunidad de desarrollo para el medio rural, protegiéndolo y mejorándolo, y apreciando su valor y diversidad.*
- *Reconocer y valorar el desarrollo de la cultura científica en la Comunidad de Castilla y León indagando sobre los avances en matemáticas, ciencia, ingeniería y tecnología y su valor en la transformación, mejora y evolución de su sociedad,*

de manera que fomente la investigación, eficiencia, responsabilidad, cuidado y respeto por el entorno.

A raíz de lo anterior, los objetivos y la finalidad de esta etapa están íntimamente relacionados, focalizándose en un mayor desarrollo tanto personal como profesional del alumno.

Así, es necesario evaluar el proceso por el que el estudiante llega a alcanzar estos objetivos. De esta manera, se presenta la evaluación por competencias clave, siendo este formato lo más característico de esta Ley, en consonancia con la *Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias para el aprendizaje permanente* (Consejo de la Unión Europea, 2018).

Por ello, en el *Real Decreto 243/2022, de 5 de abril* y el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre*, se recogen dichas competencias, integrando cada una de ellas tres dimensiones, la cognitiva (el “saber”), la instrumental (el “hacer”) y la actitudinal (el “querer”). Se distinguen ocho competencias.

- Competencia en comunicación lingüística (CCL).

La CCL es la habilidad de identificar, comprender, expresar, crear e interpretar conceptos, pensamientos, sentimientos, hechos y opiniones de forma oral (escuchar y hablar), escrita (leer y escribir) o signada, mediante materiales visuales, sonoros o de audio y digitales en las distintas disciplinas y contextos.

- Competencia plurilingüe (CP).

La CP es la habilidad de utilizar distintas lenguas de forma adecuada y efectiva para el aprendizaje y la comunicación.

- Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM).

La competencia STEM, es la competencia por excelencia desarrollada en materias de índole científica, englobando a la competencia matemática (habilidad de desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos, junto a sus herramientas de pensamiento y representación, al objeto de describir, interpretar y predecir distintos fenómenos que permitan resolver problemas en situaciones cotidianas), a la competencia en ciencia (habilidad de comprender y explicar el mundo natural y social utilizando un conjunto de conocimientos y metodologías, incluidas la observación, la experimentación y la contrastación, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para así poder interpretar, conservar y mejorar el mundo natural y el contexto social) y a la competencia en tecnología e ingeniería (aplicación de los conocimientos y metodologías propios de las ciencias en respuesta a lo que se percibe como deseos o necesidades humanas en un marco de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad).

- Competencia digital (CD).

La CD es aquella que implica el uso creativo, seguro, crítico, saludable, sostenible y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, en el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.

- Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA).

La CPSAA es la habilidad de reflexionar sobre uno mismo, gestionar el tiempo y la información eficazmente, colaborar con otros de forma constructiva, mantener la resiliencia y gestionar el aprendizaje y la carrera propios.

- Competencia ciudadana (CC).

La CC es la habilidad de actuar como ciudadanos responsables y participar plenamente de forma responsable y constructiva en la vida social y cívica, basándose en la comprensión de los conceptos y fenómenos básicos relativos al individuo, a la organización del trabajo, a las estructuras sociales, económicas, culturales, jurídicas y políticas, así como al conocimiento de los acontecimientos mundiales y el compromiso con la sostenibilidad, en especial con el cambio demográfico y climático en el contexto mundial.

- Competencia emprendedora (CE).

La CE es la habilidad de la persona para actuar con arreglo a oportunidades e ideas que aparecen en diferentes contextos, y transformarlas en actividades personales, sociales y profesionales que generen resultados de valor para otros.

- Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC).

La CCEC implica comprender y respetar diferentes formas en que las ideas, las emociones y el significado se expresan de forma creativa y se comunican en las distintas culturas, así como a través de una serie de artes y otras manifestaciones culturales.

Para identificar el nivel de desarrollo de cada competencia clave que el alumnado debe lograr al finalizar Bachillerato, se emplean los descriptores operativos, siendo fundamentales en la evaluación por parte del docente. Cada uno de estos descriptores se detallan en el Anexo 1.

Es de importancia mencionar que, a la hora de evaluar, todas las competencias se consideran igualmente relevantes, pudiéndose aplicar en diversos ámbitos y en combinaciones muy variadas. Así, surge la transversalidad con las distintas materias del currículo de Bachillerato. De esta manera, se ha de tener especialmente en cuenta el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los sentimientos.

4.3.- Metodología de indagación

La metodología que se aplicará a la propuesta desarrollada en este TFM es la indagación. En ella, el alumno trata de proporcionar respuesta a una problemática a través del diálogo de preguntas y respuestas entablado con el profesor (Hofer et al, 2018). Así, al versar este TFM sobre IA el rol del profesor recae en los *chatbots*. Además, esta metodología se considera una adaptación del método científico, contando así con varias partes bien diferenciadas:

- Orientación: en ella se identifican el problema y sus variables.
- Conceptualización: en ella se cuestiona el por qué ha ocurrido ese hecho, formulando preguntas.
- Investigación: en este punto se recoge la información relativa al caso.
- Conclusiones: se comparan las informaciones obtenidas sobre el caso de estudio.
- Discusión: se presentan y comunican los resultados a un público. Además, hay cabida al planteamiento de nuevas preguntas.

5.- Situación de aprendizaje: “La Inteligencia Artificial en el aula: resolución de diferentes problemas fisicoquímicos”

5.1.- Contextualización

Este TFM muestra un ejemplo de propuesta de situación de aprendizaje dirigida a primero de Bachillerato en la que se emplean las plataformas de IA ChatGPT y Elicit para tratar contenidos fisicoquímicos. Esta ha sido diseñada de acuerdo con el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*, el cual determina los contenidos curriculares abarcados en ella y su evaluación. La propuesta se desarrollará en el aula de ordenadores de un centro en el cual se oferte Bachillerato, ya que es en esta etapa donde los alumnos poseen mayor madurez y un mayor conocimiento y profundidad de los conceptos de FyQ necesarios para afrontarla adecuadamente. De esta manera, la capacidad de aprovechamiento de las herramientas de IA sobre las que se trabajará será notable frente a otros niveles educativos. El grupo de trabajo que se considerará para el desarrollo de esta propuesta es de veinticuatro alumnos.

5.2.- Estructura de la situación de aprendizaje

5.2.1.- Plan de trabajo de la situación de aprendizaje

La situación de aprendizaje diseñada consta de varias etapas como se muestra en la Figura 1.

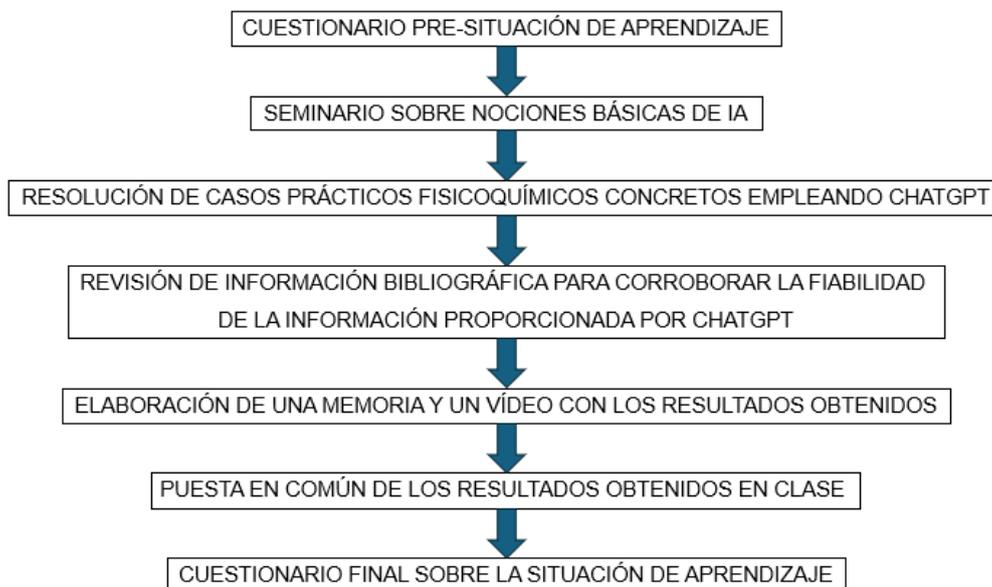


Figura 2.- Plan de trabajo de la situación de aprendizaje.

A continuación, se detallan en orden cronológico estas etapas.

A) CUESTIONARIO PRE - SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Antes de comenzar la situación de aprendizaje, es interesante conocer las ideas previas que tienen los estudiantes del primer curso de Bachillerato sobre la IA. Para ello, se empleará un cuestionario de elaboración propia y de respuesta abierta, el cual se muestra a continuación.

Física y Química 1º Bachillerato

Nombre y apellidos:

Cuestionario sobre IA

Responde a estas preguntas lo más sincera y detalladamente posible.

1.- *¿Qué es para ti la inteligencia artificial (IA)? Menciona algunos ejemplos que hayas visto o utilizado en tu vida cotidiana.*

(Respuesta)

2.- *¿Piensas que la IA ha cambiado en algo a la sociedad? ¿Por qué?*

(Respuesta)

3.- *¿Qué beneficios y perjuicios derivan de su uso? Ejemplifícalo.*

(Respuesta)

4.- *¿Qué opinas sobre el uso de IA en la educación? ¿Cómo crees que podría afectar en tu aprendizaje de la Física y la Química?*

(Respuesta)

5.- *¿Hay algún aspecto de la IA que te gustaría explorar o aprender más a fondo? Si es así, ¿cuál sería?*

(Respuesta)

Figura 3.- Cuestionario sobre IA pre-situación de aprendizaje.

B) SEMINARIO SOBRE NOCIONES BÁSICAS DE IA

Una vez completado el cuestionario anterior, se realizará un seminario sobre nociones básicas de IA, el que se tratarán las siguientes cuestiones:

- Definición rigurosa del concepto de IA.
- Explicación de los diferentes tipos de inteligencias artificiales existentes actualmente.
- Forma de proceder para obtener la información deseada al utilizar una herramienta de IA: redacción de *prompts*.
- Nociones básicas sobre artículos científicos: búsqueda, interpretación y lectura.
- Ejemplos concretos de uso de estas herramientas.

C) RESOLUCIÓN DE CASOS PRÁCTICOS FISCOQUÍMICOS CONCRETOS EMPLEANDO CHATGPT

Al enmarcarse esta situación de aprendizaje dentro de la asignatura de FyQ, una vez se ha tratado la totalidad de contenidos curriculares de la misma, se desarrollarán sesiones en las que los alumnos se enfrenten a dar respuesta a casos prácticos reales que guardan relación con la materia. Para obtener dichas respuestas emplearán ChatGPT, teniendo en cuenta cada uno de los enunciados y preguntas propuestas por el profesor.

Durante esta propuesta, se considerarán cuatro casos prácticos, dos relacionados con la Física, tratándose contenidos de los bloques de cinemática, estática y dinámica y energía, y dos relacionados con la Química, versando sobre reacciones químicas y Química Orgánica. Estos se exponen en la Figura 4.

Física y Química 1º Bachillerato

Casos prácticos a resolver empleando ChatGPT

Caso A

Un día soleado, Newton se encontraba dando un paseo. Debido a la elevada temperatura, buscó refugio de los rayos del sol bajo un árbol, sentándose a descansar. Este, aparentemente inofensivo, estaba plagado de manzanas, debido a la época estival. Así, con tan mala fortuna, una de estas frutas cayó, desde lo alto del árbol a la cabeza de Newton, siguiendo una perfecta trayectoria rectilínea. - ¡Cáspita! - exclamó Newton. Debido al golpe, le dio por pensar en voz alta: lo que me ha ocurrido es un hecho bien conocido en la Tierra, pero... ¿Pasaría lo mismo en otros planetas o satélites?

Caso B

En plena operación retorno, después de unas merecidas vacaciones, se estropea nuestro coche en medio de la carretera. Ante este imprevisto, llamamos a la grúa. Nos preguntan por las dimensiones del coche, para escoger una u otra grúa, de mayor o menor fuerza. Teniendo en cuenta que se puede considerar a una grúa como un sistema compuesto por un plano inclinado y una cuerda que se ata al coche para que este suba por ella, ¿Podrías pensar en todas las posibilidades que se podrían dar en función de la grúa escogida por la compañía de seguros?

Caso C

Es bien sabido que muchos monumentos se han construido empleando roca caliza. Con el paso del tiempo, algunos no han envejecido de forma adecuada, debido principalmente al efecto de contaminantes de fuente industrial. De esto, nos dimos cuenta en el viaje de fin de estudios cuando fuimos a Italia y visitamos el Coliseo de Roma bajo las gotas de lluvia. ¿Podrías explicar alguno de estos problemas sobre monumentos de roca caliza desde el punto de vista químico?

Caso D

Tras una larga y dura jornada de estudio para el examen final de FyQ, decides ver una película. Te llama especialmente la atención una película policiaca recién estrenada. En la primera escena se muestra un tiroteo en el que un policía recibe una gran cantidad de disparos y esto te impresiona enormemente. No obstante, te percatas aún más cuando al final se descubre que este sobrevivió, dándole las gracias a su chaleco antibalas. Como no te puedes sacar la FyQ de la cabeza, te pones a pensar sobre ese chaleco. ¿De qué material estaría hecho? Algo te suena del bloque de Química Orgánica, así que vuelves a repasarlo nuevamente.

Figura 4.- Casos prácticos a resolver empleando ChatGPT.

Como se observa, se trata de casos en los que se ha aplicado el *storytelling*, para introducir uno o varios conceptos fisicoquímicos de forma narrativa. Con ello, se consigue despertar una mayor curiosidad en el alumno sobre el tema, y facilitar la comprensión de este (Di Blas & Ferrari, 2014). Además, en los casos se propone una pregunta sobre la que el alumno deberá proporcionar el fundamento físico o químico de acuerdo con los contenidos estudiados a lo largo del curso.

En el Anexo 2 se muestra un ejemplo de conversación del alumno con ChatGPT acerca del Caso C.

D) REVISIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA CORROBORAR LA FIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR CHATGPT

En la actualidad, se sabe que es posible encontrar una gran cantidad de información en la web, la cual puede ser o no fiable dependiendo de la fuente escogida. Así, con la IA ocurre lo mismo ya que esta puede proporcionar información correcta e incorrecta. Por tanto, es importante recalcar esta idea en los alumnos, mencionando que los *chatbots* como ChatGPT, pueden ser muy útiles, pero es necesario desarrollar un pensamiento crítico el cual ayude a discernir la información de interés (Spector & Ma, 2019). Al tratarse de estudiantes de primero de Bachillerato, este tipo de pensamiento, en la mayoría de las ocasiones, no se ha trabajado lo suficiente, por lo que es útil darles a conocer herramientas que les permitan encontrar artículos científicos con los que contrastarán la información proporcionada por la IA. Para ello, existen distintas bases de datos como *Web of Science*, *Science Direct* o *Google Scholar*. No obstante, el auge de la IA ha simplificado en gran medida el proceso para obtener esta información. Teniendo en cuenta lo anterior y las nociones comentadas en el seminario, los alumnos deberán, con ayuda de la IA Elicit, desarrollada para buscar artículos científicos y extraer información de estos, contrastar la información proporcionada por ChatGPT de cada uno de los casos (ver ejemplo para el Caso 3 en el Anexo 3).

E) ELABORACIÓN DE UNA MEMORIA Y UN VÍDEO CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Tras finalizar estas actividades, a cada alumno se le asignará aleatoriamente un caso práctico, tratándose de guardar una proporción constante entre los mismos (si hay veinticuatro alumnos, existirán cuatro grupos de seis alumnos). Así, se formarán cuatro grupos de “especialistas”, cada uno de ellos centrado en un caso. De esta manera se empleará una sesión para discutir cada caso, del que un cuarto de los alumnos habrá profundizado de una mayor manera, pudiendo responder de mejor forma las preguntas del resto de los compañeros.

Así, los alumnos deberán realizar individualmente una memoria a ordenador del caso práctico asignado, la cual deberá contar con las siguientes partes:

- Título.
- Autor.

- Introducción en la que se presente el caso práctico, explicándose también brevemente el fundamento teórico del mismo.
- Transcripción de la conversación mantenida con ChatGPT sobre ese caso.
- Información encontrada empleando Elicit.
- Discusión de la información relativa al caso práctico proporcionada por ChatGPT y Elicit.
- Conclusiones.

En el Anexo 4 se recoge un ejemplo con la memoria elaborada por un posible alumno.

También se pedirá al alumno elaborar un vídeo explicativo del caso, siendo su finalidad el ahorro de tiempo en la sesión de discusión en el aula, ya que, si se realizan presentaciones orales al uso, la discusión sería escasa al englobar estas presentaciones prácticamente la totalidad de la sesión. Además, al realizar dicho vídeo se trabaja simultáneamente la competencia STEM en mayor profundidad. Las partes del vídeo son esencialmente las mismas que para la memoria, salvo las transcripciones de las conversaciones con las herramientas de IA, las cuales quedan sustituidas por un resumen de las mismas. Para su realización, se aconsejará a los alumnos el uso de la grabación con PowerPoint, así como el uso de su asistente virtual, el cual permite monitorear pausas, silencios o palabras repetidas, para posteriormente realizar un análisis de la comunicación verbal y ayudar a los alumnos con su expresión oral. La extensión de cada vídeo no debe superar tres minutos.

Tanto la memoria como el vídeo se harán llegar al profesor vía telemática, por Microsoft Teams, Aula Virtual o correo electrónico.

F) PUESTA EN COMÚN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CLASE

A continuación, se emplearán varias sesiones para la visualización de los vídeos de los alumnos y un posterior coloquio o debate, donde estos hagan preguntas de los mismos, se expongan otros puntos de vista, información complementaria, etc. Estas sesiones se podrán asimilar al formato de congreso/mesa de expertos, donde, además de profundizar en los conceptos, se fomenta el aprendizaje entre iguales.

G) CUESTIONARIO FINAL DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Finalmente, se realizará un cuestionario, tanto para recabar las opiniones de los alumnos sobre la IA, como para recoger sugerencias de mejora sobre la situación de aprendizaje.

Este cuestionario se recoge en la Figura 5.

Física y Química 1º Bachillerato

Nombre y apellidos:

Cuestionario sobre inteligencia artificial (IA) tras la situación de aprendizaje

Responde a estas preguntas lo más sincera y detalladamente posible.

1.- *¿Ha cambiado en algo tu idea sobre la IA después de esta situación de aprendizaje?*

(Respuesta)

2.- *¿Cómo crees que la IA puede afectar el aprendizaje y la enseñanza?*

(Respuesta)

3.- *¿Ha mejorado tu comprensión de algunos aspectos fisicoquímicos al usar la IA para tu aprendizaje?*

(Respuesta)

4.- *¿Te hubiera gustado tratar otros contenidos diferentes en esta situación de aprendizaje? Si es así, define cuáles y por qué.*

(Respuesta)

5.- *¿Piensas seguir utilizando alguna herramienta de IA después de esta situación de aprendizaje? ¿Cuál o cuáles y por qué?*

(Respuesta)

6.- *¿Consideras importante seguir aprendiendo cosas relacionadas con la IA? ¿Por qué y cuáles?*

(Respuesta)

7.- *¿Tienes alguna sugerencia de mejora para esta situación de aprendizaje?*

(Respuesta)

Figura 5.- Cuestionario sobre IA tras la situación de aprendizaje.

5.2.2.- Contenidos curriculares abarcados

Las preguntas abiertas sobre los casos prácticos que los alumnos deben resolver empleando ChatGPT se han elaborado teniendo en cuenta el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*.

Las Tablas 1-4 muestran la relación de bloques del currículo abarcados en la situación de aprendizaje, así como los contenidos específicos de cada uno de ellos.

Tabla 1.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico A.

Caso práctico	Contenidos	
	Bloque	Descripción
A	Cinemática	Variables cinemáticas en función del tiempo en los distintos movimientos que puede tener un objeto, con o sin fuerzas externas: resolución de situaciones reales relacionadas con la Física y el entorno cotidiano.
		Variables que influyen en un movimiento rectilíneo y circular: magnitudes y unidades empleadas. Movimientos cotidianos que presentan estos tipos de trayectoria.

Tabla 2.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico B.

Caso práctico	Contenidos	
	Bloque	Descripción
B	Estática y dinámica	Las fuerzas como medida de la interacción entre dos cuerpos, su carácter vectorial. Identificación de las fuerzas normal, peso, rozamiento estático y dinámico y tensión.
	Energía	Conceptos de trabajo y potencia: elaboración de hipótesis sobre el consumo energético de sistemas mecánicos o eléctricos del entorno cotidiano y su rendimiento.

Tabla 3.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico C.

Caso práctico	Contenidos	
	Bloque	Descripción
C	Reacciones químicas	Clasificación de las reacciones químicas: relaciones que existen entre la Química y aspectos importantes de la sociedad actual como, por ejemplo, la conservación del medioambiente o el desarrollo de fármacos.

Tabla 4.- Contenidos curriculares abarcados en el caso práctico D.

Caso práctico	Contenidos	
	Bloque	Descripción
D	Química Orgánica	Propiedades físicas y químicas generales de los compuestos orgánicos a partir de las estructuras químicas de sus grupos funcionales: generalidades en las diferentes series homólogas y aplicaciones en el mundo real.

5.3.- Metodología

La metodología utilizada en esta propuesta se basa en la indagación. En primer lugar, el profesor proporciona una serie de casos prácticos al alumnado y estos, con ayuda de ChatGPT, han de identificar qué ocurre de acuerdo con la pregunta indicada. A continuación, se recaba la información oportuna, tanto la proporcionada por la IA como la de artículos científicos, y por último se contrastan y se exponen ante un público los resultados, dejando cabida a nuevas preguntas.

5.4.- Temporalización

Se entiende por temporalización de una situación de aprendizaje el transcurso ordenado en el tiempo de todas las actividades que la componen. Según el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*, a la asignatura de FyQ en el primer curso de Bachillerato le corresponden un total de cuatro horas lectivas semanales. Así, la temporalización de la misma se muestra a continuación:

Tabla 5.- Temporalización de la situación de aprendizaje.

Sesión	Duración (min)	Actividades
1	50	Cuestionario pre - situación de aprendizaje
		Seminario sobre nociones básicas de IA
2	50	Resolución de casos prácticos fisicoquímicos empleando ChatGPT
3	50	Resolución de casos prácticos fisicoquímicos empleando ChatGPT
		Revisión de información bibliográfica para corroborar la fiabilidad de la información proporcionada por ChatGPT
4	50	Revisión de información bibliográfica para corroborar la fiabilidad de la información proporcionada por ChatGPT
5	50	Visualización de videos y puesta en común de los resultados del caso práctico A.
6	50	Visualización de videos y puesta en común de los resultados del caso práctico B.
7	50	Visualización de videos y puesta en común de los resultados del caso práctico C.
8	50	Visualización de videos y puesta en común de los resultados del caso práctico D.
		Cuestionario final de la situación de aprendizaje

Como se observa en la Tabla 5, se requerirán de ocho sesiones, y, por tanto, de dos semanas lectivas, las cuales se localizarán en el mes de junio (último mes lectivo). Además, entre la sesión cuatro y la sesión cinco se hará coincidir un fin de semana, en el cual los alumnos dispondrán de tiempo suficiente para elaborar su respectivo vídeo.

5.5.- Atención a la diversidad

En el aula, es posible que el docente se encuentre con distintos perfiles de alumnos. Por ello, entre todas las opciones existentes, en este TFM se han seleccionado algunos de los casos más típicos que atienden a la diversidad, para amoldar la respectiva propuesta.

- Alumnos con altas capacidades.

Estos alumnos cuentan con una alta capacidad para el aprendizaje y rápida comprensión de conceptos, lo que puede llevar al aburrimiento y desmotivación si no se les reta adecuadamente. De esta manera, se buscaría proporcionarles tareas más complejas utilizando estas herramientas de IA para ofrecerles contenido más avanzado, adaptándose a su ritmo de aprendizaje.

- Alumnos con trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH).

Estos alumnos presentan dificultades para mantener la atención, hiperactividad e impulsividad, lo que afecta la capacidad para concentrarse y seguir instrucciones. Por tanto, se buscaría emplear una retroalimentación inmediata, dividiendo las tareas en partes más pequeñas y ofreciendo pausas frecuentes, además de mantener su interés mediante alguna actividad interactiva relativa a los contenidos desarrollados (por ejemplo, simulaciones online). Además, en la estructura de los documentos que se les proporcionaría se añadirían instrucciones visuales, remarcando aquello de mayor interés como las preguntas de los casos prácticos.

- Alumnos con trastornos del espectro autista (TEA).

Estos alumnos presentan dificultades en la comunicación y en la interacción social, junto con patrones de comportamiento repetitivos y áreas de interés restringidas, lo que puede afectar la comprensión y la participación en actividades grupales. Así, en la totalidad de la situación de aprendizaje, se contará con el apoyo constante del profesor, ayudándole en todo lo necesario. También en este caso se recurrirá a apoyos visuales. En cuanto a la discusión, aunque realizada en un entorno controlado, puede quedar reducida (en función del grado del TEA) a la observación del vídeo del alumno y la discusión posterior a solas con el profesor

5.6.- Recursos necesarios

Un recurso necesario es aquel del que es preciso disponer para el correcto desarrollo de una situación de aprendizaje. Existen varios tipos de recursos que se pueden englobar en (van de Werfhorst & Kraaykamp, 2001):

- Espaciales: se refieren a aquellas zonas en las que se desarrollará la situación de aprendizaje.
- Personales: se refieren a las personas que participarán en la situación de aprendizaje.
- Materiales: se refieren a todos aquellos objetos necesarios para llevar a cabo satisfactoriamente la situación de aprendizaje.

De este modo, si se aplican estas definiciones a la situación de aprendizaje se tiene que:

- En cuanto a los recursos espaciales se precisará del aula de referencia del grupo de primer curso de Bachillerato, así como de un aula de ordenadores para trabajar autónomamente sobre las IAs propuestas.
- En cuanto a los recursos personales se contará con los alumnos de primero de Bachillerato, además del profesor que les imparta la materia de FyQ.

- En cuanto a los recursos materiales se necesitarán folios e impresora, así como material de escritura para realizar ambos cuestionarios, ordenadores unipersonales para trabajar sobre los casos prácticos empleando las IAs correspondientes y elaborar la memoria, y una cámara para el vídeo. También se requerirá de conexión de internet para hacer llegar la memoria vía telemática al profesor. Además, para acceder a ChatGPT y a Elicit, es necesario que los alumnos se registren en las plataformas, empleando una cuenta de correo electrónico.

5.7.- Evaluación

Según el *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*, la evaluación ha de realizarse por competencias. De esta manera, las competencias más relevantes trabajadas en esta situación de aprendizaje son la STEM (debido a que esta propuesta se enmarca en la asignatura de FyQ de primero de Bachillerato) y la CD (para trabajar con IAs es necesario saber manejar adecuadamente dispositivos electrónicos, tales como ordenadores). Además, se consideran también la CP (los artículos científicos se encuentran prácticamente en inglés en su totalidad), la CPSAA (en cuanto a la gestión del tiempo e información eficaz y la colaboración con otros alumnos en el debate posterior) y la CE (en cuanto a la elaboración de la memoria y el vídeo, que puede servir de ayuda a otros compañeros). Así, en la Tabla 6 se relacionan estas competencias con cada una de las partes claves que componen esta situación de aprendizaje y los criterios de evaluación correspondientes.

Además, para asegurar la rigurosidad y equitatividad en la calificación aportada, se ha confeccionado una rúbrica de evaluación (ver Tabla 7). Este instrumento consiste en plantear situaciones en las que la calidad del trabajo sea creciente, siéndolo también la calificación inherente a él. Así, se establecen cinco tipos de indicadores, los cuales conllevan una calificación dentro del peso específico de cada actividad que compone la situación de aprendizaje.

Tabla 6.- Relación competencias – actividad de la situación de aprendizaje.

Actividad	Criterio de evaluación	Descriptor	Peso (%)
Resolución de casos prácticos fisicoquímicos concretos empleando ChatGPT y Elicit.	2.1 Formular y verificar hipótesis como respuestas a diferentes problemas y observaciones, manejando con soltura el trabajo experimental, la indagación, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático.	STEM1 STEM2 CE1	40
	2.2 Utilizar diferentes métodos para encontrar la respuesta a una sola cuestión u observación, cotejando los resultados obtenidos y asegurándose así de su coherencia y fiabilidad.	STEM2 CPSAA4	
	4.2 Trabajar de forma autónoma y versátil, individualmente y en equipo, en la consulta de información y la creación de contenidos, utilizando con criterio las fuentes y herramientas más fiables, y desechando las menos adecuadas, mejorando así el aprendizaje propio y colectivo.	CP1 STEM3 CD1 CD3 CPSAA3.2 CE2	
Elaboración de una memoria y un vídeo con los resultados obtenidos.	1.1 Aplicar las leyes y teorías científicas en el análisis de fenómenos fisicoquímicos cotidianos, comprendiendo las causas que los producen y explicándolas utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.	STEM2	30
	5.2 Construir y producir conocimientos a través del trabajo colectivo, además de explorar alternativas para superar la asimilación de conocimientos ya elaborados y encontrando momentos para el análisis, la discusión y la síntesis, obteniendo como resultado la elaboración de productos representados en informes, pósteres, presentaciones, artículos, etc.	STEM3	
Puesta en común de los resultados obtenidos en clase.	4.1 Interactuar con otros miembros de la comunidad educativa a través de diferentes entornos de aprendizaje, reales y virtuales, utilizando de forma autónoma y eficiente recursos variados, tradicionales y digitales, con rigor y respeto y analizando críticamente las aportaciones de todo el mundo.	CP1 CD3 CE2	30
	5.1 Participar de manera activa en la construcción del conocimiento científico, evidenciando la presencia de la interacción, la cooperación y la evaluación entre iguales, mejorando el cuestionamiento, la reflexión y el debate al alcanzar el consenso en la resolución de un problema o situación de aprendizaje.	STEM3 CPSAA3.1 CPSAA3.2	

Tabla 7.- Rúbrica de evaluación de la situación de aprendizaje.

Actividad	Indicadores				
	Totalidad (100%)	Mayoritariamente (75%)	Medianamente (50%)	Minoritariamente (25%)	Nulidad (0%)
Resolución de casos prácticos fisicoquímicos concretos empleando ChatGPT y Elicit.	El alumno se desenvuelve correctamente usando las herramientas de IA. También, explica correctamente el fundamento y aplicabilidad de cada uno de los casos prácticos. Además, posee espíritu crítico, sabiendo qué información escoger y cuál desechar, consultando otras fuentes si fuera necesario (libros de texto especializados, por ejemplo).	El alumno se desenvuelve correctamente usando las herramientas de IA, aunque no explica correctamente la totalidad del fundamento y aplicabilidad de los casos prácticos. En unas ocasiones discierne qué información es correcta y cuál no, pero en otras no.	El alumno se desenvuelve correctamente usando las herramientas de IA, aunque no explica correctamente la totalidad del fundamento y aplicabilidad de los casos prácticos. Además, el alumno no posee espíritu crítico suficiente para discernir entre qué información es correcta y cuál no lo es.	El alumno se desenvuelve correctamente usando las herramientas de IA, aunque no explica correctamente el fundamento y aplicabilidad de los casos prácticos. Además, el alumno no posee espíritu crítico suficiente para discernir entre qué información es correcta y cuál no lo es.	El alumno no se desenvuelve correctamente usando las herramientas de IA.
Elaboración de una memoria y un vídeo con los resultados obtenidos.	Los documentos presentados contienen todas las partes exigidas. Además de hacerlos llegar al profesor dentro del plazo establecido, son claros, concisos y la información en ellos es correcta. Se extraen unas buenas conclusiones y se va más allá del mero caso práctico, planteándose nuevas preguntas.	Los documentos presentados contienen todas las partes exigidas. Además de hacerlos llegar al profesor dentro del plazo establecido, son claros, concisos y la información en ellos es mayoritariamente correcta. Se extraen unas buenas conclusiones, pero no se va más allá del mero caso práctico, no existiendo ninguna reflexión por parte del alumno.	Los documentos presentados contienen todas las partes exigidas. Además de hacerlos llegar al profesor dentro del plazo establecido, son claros, concisos y la información en ellos es mayoritariamente correcta. No se extraen unas buenas conclusiones, ni se va más allá del mero caso práctico, no existiendo ninguna reflexión por parte del alumno.	Los documentos presentados contienen todas las partes exigidas y se hacen llegar al profesor dentro del plazo establecido. No obstante, no son claros, ni concisos y la información en ellos es mayoritariamente incorrecta. No se extraen unas buenas conclusiones, ni se va más allá del mero caso práctico, no existiendo ninguna reflexión por parte del alumno.	Los documentos presentados no contienen todas las partes exigidas y no se hacen llegar al profesor dentro del plazo establecido. Además, no son claros, ni concisos y la información en ellos es mayoritariamente incorrecta. No se extraen unas buenas conclusiones, ni se va más allá del mero caso práctico, no existiendo ninguna reflexión por parte del alumno.
Puesta en común de los resultados obtenidos en clase.	El alumno presenta de forma correcta su vídeo. Posteriormente, participa en el debate, formulando preguntas interesantes y respondiendo adecuadamente las de sus compañeros.	El alumno presenta de forma correcta su vídeo. Posteriormente, participa en el debate, formulando preguntas y respondiendo las de sus compañeros, aunque no de forma tan precisa.	El alumno presenta de forma correcta su vídeo. Posteriormente, participa esporádicamente en el debate, aunque lo hace correctamente.	El alumno presenta de forma correcta su vídeo. Posteriormente, participa esporádicamente en el debate, aunque no lo hace correctamente.	El alumno no presenta su video, ni participa en el debate posterior.

Además de la evaluación relativa al alumnado, también es posible evaluar la propuesta en sí misma.

En esta situación de aprendizaje se puede destacar que, en su desarrollo, se trabajan una gran variedad de competencias, superándose la mitad de estas (cinco competencias de las ocho totales). Además, al trabajarse mayoritariamente con dispositivos digitales se fomenta en gran medida la CD y la competencia STEM. Asimismo, se trabajan contenidos variados, tanto del bloque de Física como del bloque de Química, abordando cuatro de los seis bloques temáticos que establece la LOMLOE. También es importante destacar la accesibilidad de la IAs escogidas para este trabajo, ya que son bastante conocidas por lo que los alumnos pueden haberlas manejado previamente, al solo necesitar crearse una cuenta con su correo electrónico. No obstante, aunque sean conocidas, se han aplicado de forma escasa hasta la fecha del trabajo en la enseñanza de la FyQ, por lo que es preciso destacar la novedad que presenta esta propuesta.

Por otra parte, es necesario comentar algunas desventajas que se podrían tener en cuenta en posibles futuras propuestas relacionadas con este TFM. En primer lugar, aunque se tratan un gran porcentaje de las competencias, no se tratan en su totalidad. Además, para algunos alumnos esta situación de aprendizaje podría resultar algo extensa, pudiendo estos perder el interés en la misma. También, al trabajar íntegramente con dispositivos digitales, algunos alumnos pueden no saber manejarlos con solvencia, por lo que pueden ser necesarias sesiones adicionales. Del mismo modo, pueden existir alumnos que los sepan utilizar adecuadamente, por lo que les puede generar cierta sensación de apatía. Finalmente, se ha de considerar la escasa cantidad de información relativa a la aplicación de las IAs en la educación de la FyQ en comparación a otras áreas, como negocios o marketing.

6.- Conclusiones

En este TFM se ha propuesto una situación de aprendizaje relacionada con la IA para la asignatura de FyQ del primer curso de Bachillerato desde el marco de la LOMLOE en Castilla y León, con objeto de lograr una educación individualizada acorde a las características de aprendizaje de cada uno de los alumnos, empleando una metodología basada en la indagación.

Según la literatura, las IAs han demostrado ser una potente herramienta en educación ya que, además de permitir un tratamiento individualizado del alumnado, pueden predecir su comportamiento y automatizar procesos, tales como el de evaluación. Es por esto que es de esperar una sustancial mejora y refinamiento en sus aplicaciones dentro de este campo.

En cuanto al ámbito legislativo, esta propuesta se encuentra en total consonancia con la LOMLOE, debido al cumplimiento de todos los puntos que deben caracterizar una situación de aprendizaje, además de evaluarse por competencias.

Tras la implementación de esta propuesta se espera que los alumnos obtengan una mejora significativa en las competencias STEM y CD y que aprendan nociones básicas de IA debido al aumento de su presencia progresiva en la sociedad, pudiéndolas aplicar donde les sea necesario. También se espera que ganen interés en la materia de FyQ, al ver esta propuesta como algo novedoso, logrando así un aprendizaje significativo de estos contenidos. No obstante, los riesgos a tener en cuenta a la hora de poner en práctica esta propuesta son la indiferencia de cierto sector del alumnado ante ella o no tener solvencia con dispositivos electrónicos.

La futura línea de investigación de este trabajo versaría acerca de la implementación de esta propuesta en un centro educativo, de donde sería posible obtener datos para corroborar si, efectivamente, esta propuesta de trabajo en el aula empleando IAs es relevante para un aprendizaje significativo del alumnado en la asignatura de FyQ.

7.- Referencias bibliográficas

- Akçay, N. O. et al (2012). The effect of cooperative learning model on academic achievement in physics. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*.
- Araújo, J. L., & Saúde, I. (2024). Can ChatGPT Enhance Chemistry Laboratory Teaching? Using Prompt Engineering to Enable AI in Generating Laboratory Activities. *Journal of Chemical Education*.
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*.
- Boletín Oficial de Castilla y León. (2022). *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*.
- Boletín Oficial del Estado. (2006). *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*.
- Boletín Oficial del Estado. (2020). *Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*.
- Boletín Oficial del Estado. (2022). *Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato*.
- Bruneau, P. (2023). The Potential of ChatGPT to Enhance Physics Education in Vietnamese High Schools. *Journal Physics Education*.
- Chiner, E., & Cardona, M. C. (2012). Inclusive education in Spain: how do skills, resources, and supports affect regular education teachers' perceptions of inclusion? *International Journal of Inclusive Education*.
- Consejo de la Unión Europea. (2018). *Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias para el aprendizaje permanente*.
- Dao, X.-Q. et al (2023). Evaluation of ChatGPT and Microsoft Bing AI Chat Performances on Physics Exams of Vietnamese National High School Graduation Examination. *arXiv*.
- De-Marcos, L. et al (2015). Parliamentary optimization to build personalized learning paths: Case study . *International Journal of Engineering Education*.
- Di Blas, N., & Ferrari, L. (2014). Digital storytelling at school: what kind of educational benefits? *International Journal of Arts and Technology*.
- Ferrarelli, P., & Iocchi, L. (2021). Learning Newtonian physics through programming robot experiments. *Technology, Knowledge and Learning*.
- Gil, A. J. et al (2018). School dropout factors: a teacher and school manager perspective. *Educational Studies*.
- Girasa, R. (2020). AI as a Disruptive Technology. In: Artificial Intelligence as a Disruptive Technology. *Palgrave Macmillan*.
- González, M. Á. et al (2015). Teaching and Learning Physics with Smartphones. *Journal of Cases on Information Technology*.

- Grace Lydia, E. et al (2023). A study on AI in education: opportunities and challenges for personalized learning. *Industrial Engineering Journal*.
- Haleem, A. et al (2022). Artificial intelligence (AI) applications for marketing: A literature-based study. *International Journal of Intelligent Networks*.
- Harefa, N., & Suyanti, R. D. (2019). Science generic skills of 'chemistry'? prospective teachers: A study on collaborative learning using Exe-media. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Hofer, E. et al (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education – a contradiction? *Research in Subject-matter Teaching and Learning*.
- Holubova, R. (2008). Effective Teaching Methods--Project-based Learning in Physics,. *US-China Education Review*.
- Kim, D. K. (2023). Prompted Software Engineering in the Era of AI Models.
- Koć-Januchta, M. M. et al (2020). Engaging with biology by asking questions: Investigating students' interaction and learning with an artificial intelligence-enriched textbook. *Journal of Educational Computing Research*.
- Korsakova, E. et al (2022). Chemist Bot as a Helpful Personal Online Training Tool for the Final Chemistry Examination. *Journal of Chemical Education*.
- Lee, I., & Perret, B. (2022). Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- Lieb, A., & Goel, T. (2024). Student Interaction with NewtBot: An LLM-as-tutor Chatbot for Secondary Physics Education. *Extended Abstracts of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Lin, Y. et al (2023). Investigation of Artificial Intelligence algorithms in education. *ACE*.
- Maestres, S. et al (2021). Using Machine Learning to Score Multi-Dimensional Assessments of Chemistry and Physics. *Journal of Science Education and Technology*.
- Mageira, K. et al (2022). Educational AI Chatbots for Content and Language Integrated Learning. *Applied Sciences*.
- Miterianifa et al (2020). A Conceptual Framework for Empowering Students' Critical Thinking through Problem Based Learning in Chemistry,. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Montoro, A. et al (2023). Fighting disinformation with artificial intelligence: fundamentals, advances and challenges. *El Profesional de la información*.
- Myneni, L. S. et al (2013). An Interactive and Intelligent Learning System for Physics Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*.
- Rajpurkar, P. et al (2022). AI in health and medicine. *National Library of Medicine*.
- S, S., & Raja, B. (2019). A Conceptual Overview and Systematic Review on Artificial Intelligence and Its Approaches. *Ijetie*.

- Saito, T., & Watanobe, Y. (2020). Learning path recommendation system for programming education based on neural networks. *International Journal of Distance Education Technologies*.
- Sarramona, J. (1991). *Fundamentos de Educación*. Barcelona CEAC.
- Shapiro, S. C. (2003). *Artificial Intelligence (AI)*. John Wiley and Sons Ltd.
- Spector, J. M., & Ma, S. (2019). Inquiry and critical thinking skills for the next generation: from artificial intelligence back to human intelligence. *Smart Learn. Environ.*
- Sutoyo, S. et al (2019). Effectiveness of the Guided Inquiry Model Integrated with STEM to Improve the Student Critical Thinking Skills in Chemistry Learning. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*.
- Syakdiyah, H. et al (2018). The effectiveness of flipped classroom in high school Chemistry Education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Teebagy, S. et al (2023). Improved Performance of ChatGPT-4 on the OKAP Examination: A Comparative Study with ChatGPT-3.5. *J Acad Ophthalmol*.
- Ural, E. (2016). The Effect of Guided-Inquiry Laboratory Experiments on Science Education Students' Chemistry Laboratory Attitudes. *Anxiety and Achievement Journal of Education and Training Studies*.
- van de Werfhorst, H. G., & Kraaykamp, G. (2001). Four Field-Related Educational Resources and Their Impact on Labor, Consumption, and Sociopolitical Orientation. . *Sociology of Education*.
- Velásquez-Henao, J. D. et al (2023). Prompt Engineering: a methodology for optimizing interactions with AI-Language Models in the field of engineering. *DYNA*.
- Walsh, M. et al (2002). Quantitative Impact of a Cognitive Modeling Intelligent Tutoring System on Student Performance in Balancing Chemical Equations. *The Chemical Educator* .
- Yang, J. et al (2020). Using machine learning to identify the most at-risk students in physics classes. *Physical Review Physics Education Research*.
- Yulianti, D. et al (2016). Inquiry-based science comic physics series integrated with character education. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Zabriskie, C. et al (2019). Using machine learning to predict physics course outcomes. *Physical Review Physics Education Research*.

Anexos

Anexo 1.- Descriptores operativos

Tabla 8.- Descriptores operativos de la CCL (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CCL1	Se expresa de forma oral, escrita, signada o multimodal con fluidez, coherencia, corrección y adecuación a los diferentes contextos sociales y académicos, y participa en interacciones comunicativas con actitud cooperativa y respetuosa tanto para intercambiar información, crear conocimiento y argumentar sus opiniones como para establecer y cuidar sus relaciones interpersonales.
CCL2	Comprende, interpreta y valora con actitud crítica textos orales, escritos, signados o multimodales de los distintos ámbitos, con especial énfasis en los textos académicos y de los medios de comunicación, para participar en diferentes contextos de manera activa e informada y para construir conocimiento.
CCL3	Localiza, selecciona y contrasta de manera autónoma información procedente de diferentes fuentes evaluando su fiabilidad y pertinencia en función de los objetivos de lectura y evitando los riesgos de manipulación y desinformación, y la integra y transforma en conocimiento para comunicarla de manera clara y rigurosa adoptando un punto de vista creativo y crítico a la par que respetuoso con la propiedad intelectual.
CCL4	Lee con autonomía obras relevantes de la literatura poniéndolas en relación con su contexto sociohistórico de producción, con la tradición literaria anterior y posterior y examinando la huella de su legado en la actualidad, para construir y compartir su propia interpretación argumentada de las obras, crear y recrear obras de intención literaria y conformar progresivamente un mapa cultura.
CCL5	Pone sus prácticas comunicativas al servicio de la convivencia democrática, la resolución dialogada de los conflictos y la igualdad de derechos de todas las personas, evitando y rechazando los usos discriminatorios, así como los abusos de poder, para favorecer la utilización no solo eficaz sino también ética de los diferentes sistemas de comunicación.

Tabla 9.- Descriptores operativos de la CP (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CP1	Utiliza con fluidez, adecuación y aceptable corrección una o más lenguas, además de la lengua familiar o de las lenguas familiares, para responder a sus necesidades comunicativas con espontaneidad y autonomía en diferentes situaciones y contextos de los ámbitos personal, social, educativo y profesional.
CP2	A partir de sus experiencias, desarrolla estrategias que le permitan ampliar y enriquecer de forma sistemática su repertorio lingüístico individual con el fin de comunicarse de manera eficaz.
CP3	Conoce y valora críticamente la diversidad lingüística y cultural presente en la sociedad, integrándola en su desarrollo personal y anteponiendo la comprensión mutua como característica central de la comunicación, para fomentar la cohesión social.

Tabla 10.- Descriptores operativos de la competencia STEM (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
STEM1	<p>Selecciona y utiliza métodos inductivos y deductivos propios del razonamiento matemático en situaciones propias de la modalidad elegida y emplea estrategias variadas para la resolución de problemas analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario.</p>
STEM2	<p>Utiliza el pensamiento científico para entender y explicar fenómenos relacionados con la modalidad elegida, confiando en el conocimiento como motor de desarrollo, planteándose hipótesis y contrastándolas o comprobándolas mediante la observación, la experimentación y la investigación, utilizando herramientas e instrumentos adecuados, apreciando la importancia de la precisión y la veracidad y mostrando una actitud crítica acerca del alcance y limitaciones de los métodos empleados.</p>
STEM3	<p>Plantea y desarrolla proyectos diseñando y creando prototipos o modelos para generar o utilizar productos que den solución a una necesidad o problema de forma colaborativa, procurando la participación de todo el grupo, resolviendo pacíficamente los conflictos que puedan surgir, adaptándose ante la incertidumbre y evaluando el producto obtenido de acuerdo a los objetivos propuestos, la sostenibilidad y el impacto transformador en la sociedad.</p>
STEM4	<p>Interpreta y transmite los elementos más relevantes de investigaciones de forma clara y precisa, en diferentes formatos (gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos.) y aprovechando la cultura digital con ética y responsabilidad y valorando de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida para compartir y construir nuevos conocimientos.</p>
STEM5	<p>Planea y emprende acciones fundamentadas científicamente para promover la salud física y mental, y preservar el medio ambiente y los seres vivos, practicando el consumo responsable, aplicando principios de ética y seguridad para crear valor y transformar su entorno de forma sostenible adquiriendo compromisos como ciudadano en el ámbito local y global.</p>

Tabla 11.- Descriptores operativos de la CD (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CD1	Realiza búsquedas avanzadas comprendiendo cómo funcionan los motores de búsqueda en internet aplicando criterios de validez, calidad, actualidad y fiabilidad, seleccionando los resultados de manera crítica y organizando el almacenamiento de la información de manera adecuada y segura para referenciarla y reutilizarla posteriormente.
CD2	Crea, integra y reelabora contenidos digitales de forma individual o colectiva, aplicando medidas de seguridad y respetando, en todo momento, los derechos de autoría digital para ampliar sus recursos y generar nuevo conocimiento.
CD3	Selecciona, configura y utiliza dispositivos digitales, herramientas, aplicaciones y servicios en línea y los incorpora en su entorno personal de aprendizaje digital para comunicarse, trabajar colaborativamente y compartir información, gestionando de manera responsable sus acciones, presencia y visibilidad en la red y ejerciendo una ciudadanía digital activa, cívica y reflexiva.
CD4	Evalúa riesgos y aplica medidas al usar las tecnologías digitales para proteger los dispositivos, los datos personales, la salud y el medioambiente y hace un uso crítico, legal, seguro, saludable y sostenible de dichas tecnologías.
CD5	Desarrolla soluciones tecnológicas innovadoras y sostenibles para dar respuesta a necesidades concretas, mostrando interés y curiosidad por la evolución de las tecnologías digitales y por su desarrollo sostenible y uso ético.

Tabla 12.- Descriptores operativos de la CPSAA (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CPSAA1.1	Fortalece el optimismo, la resiliencia, la autoeficacia y la búsqueda de objetivos de forma autónoma para hacer eficaz su aprendizaje.
CPSAA1.2	Desarrolla una personalidad autónoma, gestionando constructivamente los cambios, la participación social y su propia actividad para dirigir su vida.
CPSAA2	Adopta de forma autónoma un estilo de vida sostenible y atiende al bienestar físico y mental propio y de los demás, buscando y ofreciendo apoyo en la sociedad para construir un mundo más saludable.
CPSAA3.1	Muestra sensibilidad hacia las emociones y experiencias de los demás, siendo consciente de la influencia que ejerce el grupo en las personas, para consolidar una personalidad empática e independiente y desarrollar su inteligencia.
CPSAA3.2	Distribuye en un grupo las tareas, recursos y responsabilidades de manera ecuánime, según sus objetivos, favoreciendo un enfoque sistémico para contribuir a la consecución de objetivos compartidos.
CPSAA4	Compara, analiza, evalúa y sintetiza datos, información e ideas de los medios de comunicación, para obtener conclusiones lógicas de forma autónoma, valorando la fiabilidad de las fuentes.
CPSAA5	Planifica a largo plazo evaluando los propósitos y los procesos de la construcción del conocimiento, relacionando los diferentes campos del mismo para desarrollar procesos autorregulados de aprendizaje que le permitan transmitir ese conocimiento, proponer ideas creativas y resolver problemas con autonomía.

Tabla 13.- Descriptores operativos de la CC (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CC1	<p>Analiza hechos, normas e ideas relativas a la dimensión social, histórica, cívica y moral de su propia identidad, para contribuir a la consolidación de su madurez personal y social, adquirir una conciencia ciudadana y responsable, desarrollar la autonomía y el espíritu crítico, y establecer una interacción pacífica y respetuosa con los demás y con el entorno.</p>
CC2	<p>Reconoce, analiza y aplica en diversos contextos, de forma crítica y consecuente, los principios, ideales y valores relativos al proceso de integración europea, la Constitución Española, los derechos humanos, y la historia y el patrimonio cultural propios, a la vez que participa en todo tipo de actividades grupales con una actitud fundamentada en los principios y procedimientos democráticos, el compromiso ético con la igualdad, la cohesión social, el desarrollo sostenible y el logro de la ciudadanía mundial.</p>
CC3	<p>Adopta un juicio propio y argumentado ante problemas éticos y filosóficos fundamentales y de actualidad, afrontando con actitud dialogante la pluralidad de valores, creencias e ideas, rechazando todo tipo de discriminación y violencia, y promoviendo activamente la igualdad y corresponsabilidad efectiva entre mujeres y hombres.</p>
CC4	<p>Analiza las relaciones de interdependencia y ecoddependencia entre nuestras formas de vida y el entorno, realizando un análisis crítico de la huella ecológica de las acciones humanas, y demostrando un compromiso ético y ecosocialmente responsable con actividades y hábitos que conduzcan al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la lucha contra el cambio climático.</p>

Tabla 14.- Descriptores operativos de la CE (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CE1	<p>Evalúa necesidades y oportunidades y afronta retos, con sentido crítico y ético, evaluando su sostenibilidad y comprobando, a partir de conocimientos técnicos específicos, el impacto que puedan suponer en el entorno, para presentar y ejecutar ideas y soluciones innovadoras dirigidas a distintos contextos, tanto locales como globales, en el ámbito personal, social y académico con proyección profesional emprendedora.</p>
CE2	<p>Evalúa y reflexiona sobre las fortalezas y debilidades propias y las de los demás, haciendo uso de estrategias de autoconocimiento y autoeficacia, interioriza los conocimientos económicos y financieros específicos y los transfiere a contextos locales y globales, aplicando estrategias y destrezas que agilicen el trabajo colaborativo y en equipo, para reunir y optimizar los recursos necesarios, que lleven a la acción una experiencia o iniciativa emprendedora de valor.</p>
CE3	<p>Lleva a cabo el proceso de creación de ideas y soluciones innovadoras y toma decisiones, con sentido crítico y ético, aplicando conocimientos técnicos específicos y estrategias ágiles de planificación y gestión de proyectos, y reflexiona sobre el proceso realizado y el resultado obtenido, para elaborar un prototipo final de valor para los demás, considerando tanto la experiencia de éxito como de fracaso, una oportunidad para aprender.</p>

Tabla 15.- Descriptores operativos de la CCEC (Decreto 40, 2022).

Descriptor operativo	Explicación del descriptor
CCEC1	Reflexiona, promueve y valora críticamente el patrimonio cultural y artístico de cualquier época, contrastando sus singularidades y partiendo de su propia identidad, para defender la libertad de expresión, la igualdad y el enriquecimiento inherente a la diversidad.
CCEC2	Investiga las especificidades e intencionalidades de diversas manifestaciones artísticas y culturales del patrimonio, mediante una postura de recepción activa y deleite, diferenciando y analizando los distintos contextos, medios y soportes en que se materializan, así como los lenguajes y elementos técnicos y estéticos que las caracterizan.
CCEC3.1	Expresa ideas, opiniones, sentimientos y emociones con creatividad y espíritu crítico, realizando con rigor sus propias producciones culturales y artísticas, para participar de forma activa en la promoción de los derechos humanos y los procesos de socialización y de construcción de la identidad personal que se derivan de la práctica artística.
CCEC3.2	Descubre la autoexpresión, a través de la interacción corporal y la experimentación con diferentes herramientas y lenguajes artísticos, enfrentándose a situaciones creativas con una actitud empática y colaborativa, y con autoestima, iniciativa e imaginación.
CCEC4.1	Selecciona e integra con creatividad diversos medios y soportes, así como técnicas plásticas, visuales, audiovisuales, sonoras o corporales, para diseñar y producir proyectos artísticos y culturales sostenibles, analizando las oportunidades de desarrollo personal, social y laboral que ofrecen sirviéndose de la interpretación, la ejecución, la improvisación o la composición.
CCEC4.2	Planifica, adapta y organiza sus conocimientos, destrezas y actitudes para responder con creatividad y eficacia a los desempeños derivados de una producción cultural o artística, individual o colectiva, utilizando diversos lenguajes, códigos, técnicas, herramientas y recursos plásticos, visuales, audiovisuales, musicales, corporales o escénicos, valorando tanto el proceso como el producto final y comprendiendo las oportunidades personales, sociales, inclusivas y económicas que ofrecen.

Anexo 2.- Transcripción de la conversación con ChatGPT sobre el Caso C

Buenos días, soy un alumno de primero de bachillerato y me encuentro en la asignatura de Física y Química. Ofréceme información de por qué se deterioran los monumentos de roca caliza debido al efecto de contaminantes de fuente industrial desde un punto de vista químico.

Buenos días. El deterioro de los monumentos de roca caliza debido a contaminantes industriales se puede explicar desde un punto de vista químico en varios pasos:

Composición de la Roca Caliza

La roca caliza está compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3).

Contaminantes Industriales

Las industrias emiten varios contaminantes al aire, pero los más relevantes para el deterioro de la caliza son el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x).

Formación de Ácidos

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

1. Dióxido de Azufre (SO_2):

- El SO_2 en la atmósfera puede disolverse en las gotas de agua de las nubes y formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) a través de una serie de reacciones químicas:
 - $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ (ácido sulfuroso)
 - $\text{H}_2\text{SO}_3 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (ácido sulfúrico)

2. Óxidos de Nitrógeno (NO_x):

- Los óxidos de nitrógeno (NO y NO_2) también se disuelven en el agua de las nubes y forman ácido nítrico (HNO_3):
 - $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ (ácido nítrico y ácido nitroso)
 - El ácido nitroso se oxida fácilmente en el aire para formar más ácido nítrico:
 - $2 \text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{HNO}_3$

Reacción con la Caliza

Los ácidos formados (H_2SO_4 y HNO_3) reaccionan con el carbonato de calcio (CaCO_3) de la caliza.

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

Estas reacciones son las siguientes:

1. Reacción con Ácido Sulfúrico:

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- El sulfato de calcio (CaSO_4) resultante es más soluble y puede ser arrastrado por el agua, debilitando la estructura de la roca.

2. Reacción con Ácido Nítrico:

- $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- El nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) es muy soluble en agua y también se lava fácilmente, causando erosión y debilitamiento de la caliza.

Resultados del Deterioro

Estas reacciones químicas conducen a la disolución y desgaste de la roca caliza. La pérdida de material y la formación de nuevas sustancias más solubles deterioran la estructura del monumento, causando:



Envía un mensaje a ChatGPT



ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.



- **Desintegración Superficial:** La superficie de la roca se vuelve rugosa y puede desprenderse en capas.
- **Formación de Costras:** El sulfato de calcio puede recristalizar formando costras que, al hidratarse y deshidratarse repetidamente, causan la exfoliación de la superficie.
- **Pérdida de Detalles:** Las inscripciones y detalles finos en los monumentos pueden perderse debido a la erosión química.

Conclusión

El deterioro de los monumentos de roca caliza por contaminantes industriales se debe a la formación de ácidos en la atmósfera que reaccionan con el carbonato de calcio de la caliza, resultando en productos más solubles que se eliminan con el agua, debilitando y desgastando la estructura del monumento.

Espero que esta explicación te sea útil para comprender mejor el impacto de la contaminación industrial en los monumentos de roca caliza desde un punto de vista químico.

Muchas gracias. ¿Es este entonces el fundamento de la lluvia ácida?
Me suena haberlo visto en clase.

🌀 Sí, efectivamente, el deterioro de los monumentos de roca caliza por contaminantes industriales está estrechamente relacionado con el fenómeno de la lluvia ácida. Vamos a detallar cómo se conecta:

La Lluvia Ácida

Formación de la Lluvia Ácida

La lluvia ácida se forma cuando los contaminantes industriales, como el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), se liberan a la atmósfera. Allí, estos gases reaccionan con el agua, el oxígeno y otros compuestos químicos para formar ácidos. Las principales reacciones son:

1. Dióxido de Azufre:

- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ (ácido sulfuroso)
- $\text{H}_2\text{SO}_3 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (ácido sulfúrico) ↓ ↷

🔒 Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

2. Óxidos de Nitrógeno:

- $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ (ácido nítrico y ácido nitroso)
- $2 \text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{HNO}_3$ (ácido nítrico)

Precipitación Ácida

Estos ácidos se mezclan con las gotas de agua en la atmósfera, y cuando llueve, nieva o incluso en forma de niebla o rocío, caen al suelo en forma de precipitación ácida.

Impacto de la Lluvia Ácida en la Roca Caliza

Cuando la precipitación ácida entra en contacto con superficies de roca caliza, se producen las reacciones químicas que mencionamos anteriormente:

1. Con Ácido Sulfúrico:

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- El sulfato de calcio (CaSO₄) resultante es soluble en agua, lo que causa desgaste de la roca.

2. Con Ácido Nítrico:

🔒 Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- El nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) también es muy soluble, contribuyendo a la erosión de la roca caliza.

Efectos Adicionales de la Lluvia Ácida

Además del deterioro de monumentos, la lluvia ácida tiene otros efectos ambientales negativos:

- **Ecosistemas Acuáticos:** Aumenta la acidez de lagos y ríos, afectando la vida acuática.
- **Suelos:** La acidez del suelo se incrementa, lo que puede dañar las plantas y reducir la fertilidad del suelo.
- **Vegetación:** Daño directo a las hojas de los árboles y plantas, afectando su crecimiento.

Conclusión

El fundamento de la lluvia ácida y su impacto en la roca caliza es esencialmente el mismo proceso químico que discutimos antes. Los contaminantes industriales se convierten en ácidos en la atmósfera, que luego caen en forma de precipitación ácida y reaccionan con la caliza, causando su deterioro.

 Envía un mensaje a ChatGPT 

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

Entender este proceso es crucial para comprender los efectos de la contaminación atmosférica y la importancia de controlar las emisiones industriales para proteger tanto el patrimonio cultural como el medio ambiente.

Perfecto. ¿Y me podrías comentar cómo la industria forma explícitamente estos contaminantes? ¿Y qué tipos de industrias lo hacen?

 Claro, la formación de contaminantes como el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) en la industria ocurre principalmente a través de procesos de combustión y algunas reacciones químicas específicas. Aquí te explico cómo se generan estos contaminantes y qué tipos de industrias son responsables:

Formación de Dióxido de Azufre (SO_2)

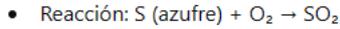
Combustión de Combustibles Fósiles

- **Carbón y Petróleo:** El dióxido de azufre se produce principalmente cuando se queman

 Envía un mensaje a ChatGPT 

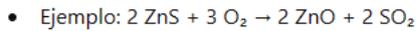
ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- **Carbón y Petróleo:** El dióxido de azufre se produce principalmente cuando se queman combustibles fósiles que contienen azufre, como el carbón y el petróleo. Durante la combustión, el azufre presente en estos combustibles se oxida para formar SO₂.



Procesos Industriales

- **Refinación de Petróleo:** En las refinerías de petróleo, el azufre se elimina del crudo, pero parte de él se libera como SO₂ durante el proceso.
- **Fundición de Metales:** Las industrias que funden metales como el cobre, el plomo y el zinc a menudo tratan minerales que contienen sulfuros. Durante la fundición, estos sulfuros se oxidan para liberar SO₂.



Formación de Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Altas Temperaturas de Combustión

- **Motores y Calderas:** Los óxidos de nitrógeno se forman principalmente a altas temperaturas en

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- **Motores y Calderas:** Los óxidos de nitrógeno se forman principalmente a altas temperaturas en motores de combustión interna y calderas industriales. A estas temperaturas, el nitrógeno y el oxígeno del aire reaccionan para formar óxidos de nitrógeno.

- Reacción: $N_2 + O_2 \rightarrow 2 NO$ (monóxido de nitrógeno), que puede oxidarse más a NO₂ (dióxido de nitrógeno).

Procesos Industriales

- **Producción de Ácidos:** En la producción de ácido nítrico, se generan grandes cantidades de NO_x como subproducto. Este ácido es esencial para la industria de fertilizantes y explosivos.

- Proceso Ostwald: $4 NH_3 + 5 O_2 \rightarrow 4 NO + 6 H_2O$ (el NO luego se convierte en NO₂ y HNO₃).

Industrias Principales que Emiten SO₂ y NO_x

1. Generación de Energía:

- Plantas termoeléctricas que queman carbón o petróleo.
- Plantas de energía que usan gas natural también pueden emitir NO_x aunque en menor cantidad comparado con carbón.

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

2. Refinerías de Petróleo:

- Procesos de destilación y conversión de crudo que liberan SO_2 .

3. Industrias Metalúrgicas:

- Fundiciones de cobre, plomo, zinc, y otros metales que generan SO_2 durante la oxidación de minerales sulfurados.

4. Industria Química:

- Producción de ácido nítrico y otros productos químicos que emiten NO_x .

5. Transporte:

- Vehículos de gasolina y diésel emiten NO_x a través de sus motores de combustión interna.

6. Cementeras:

- Emisiones de SO_2 y NO_x durante la calcinación de caliza y otros procesos de producción de cemento.

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

Control y Mitigación

Para reducir la emisión de estos contaminantes, se utilizan varias tecnologías y estrategias:

- **Desulfurización de Gases de Combustión (FGD):** Para capturar SO_2 de las emisiones industriales y de plantas de energía.
- **Convertidores Catalíticos:** Instalados en vehículos para reducir la emisión de NO_x .
- **Sistemas de Control de NO_x :** Como quemadores de baja emisión de NO_x y reactores de reducción catalítica selectiva (SCR) en plantas industriales.

Estas medidas son esenciales para mitigar los efectos de la contaminación del aire y reducir la formación de lluvia ácida, protegiendo así el medio ambiente y la salud pública.

¡Vale! Para terminar, ¿podrías resumirme todo lo anterior en una extensión de 500 palabras?

Claro, aquí tienes un resumen de todo lo anterior en una extensión aproximada de 500 palabras:

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

Deterioro de Monumentos de Roca Caliza por Contaminantes Industriales

Composición de la Roca Caliza

La roca caliza está compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3).

Contaminantes Industriales

Las industrias emiten contaminantes como dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x), que son responsables del deterioro de la caliza.

Formación de Ácidos y Lluvia Ácida

El dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno reaccionan con el agua en la atmósfera para formar ácidos sulfúrico (H_2SO_4) y nítrico (HNO_3). Estas reacciones son:

1. Dióxido de Azufre:

- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ (ácido sulfuroso)
- $\text{H}_2\text{SO}_3 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (ácido sulfúrico)



2. Óxidos de Nitrógeno:



Envía un mensaje a ChatGPT



ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ (ácido nítrico y ácido nitroso)
- $2 \text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{HNO}_3$ (ácido nítrico)

Estos ácidos se mezclan con las gotas de agua y caen al suelo como lluvia ácida, afectando la roca caliza y otros materiales.

Reacción de Ácidos con la Caliza

Los ácidos reaccionan con el carbonato de calcio (CaCO_3) en la caliza, causando su deterioro:

1. Ácido Sulfúrico:

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- El sulfato de calcio (CaSO_4) es más soluble y puede ser arrastrado por el agua, debilitando la roca.

2. Ácido Nítrico:

- $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Envía un mensaje a ChatGPT



ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- El nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) es muy soluble y contribuye a la erosión de la roca caliza.

Resultados del Deterioro

Estas reacciones químicas causan disolución y desgaste de la roca caliza, provocando:

- **Desintegración Superficial:** La superficie de la roca se vuelve rugosa y se desprende en capas.
- **Formación de Costras:** El sulfato de calcio recristaliza formando costras que exfolian la superficie.
- **Pérdida de Detalles:** Las inscripciones y detalles finos se pierden debido a la erosión química.

Formación de Contaminantes en la Industria

Dióxido de Azufre (SO_2)

- **Combustión de Combustibles Fósiles:** La quema de carbón y petróleo, que contienen azufre, produce SO_2 .
 - Reacción: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
- **Refinación de Petróleo y Fundición de Metales:** La eliminación de azufre y la oxidación de sulfuros en minerales producen SO_2 .

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- **Refinación de Petróleo y Fundición de Metales:** La eliminación de azufre y la oxidación de sulfuros en minerales producen SO_2 .

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

- **Altas Temperaturas de Combustión:** En motores y calderas, el nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan formando NO y NO_2 .
 - Reacción: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}$, que se oxida a NO_2 .
- **Producción de Ácidos:** En la producción de ácido nítrico, se generan NO_x como subproductos.
 - Proceso Ostwald: $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$

Industrias Emisoras

Las principales industrias que emiten SO_2 y NO_x son:

- **Generación de Energía:** Plantas termoeléctricas que queman carbón, petróleo o gas natural.
- **Refinerías de Petróleo:** Procesos de destilación y conversión de crudo.
- **Industrias Metalúrgicas:** Fundiciones de hierro, plomo, zinc.

Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

- **Industria Química:** Producción de ácido nítrico y otros químicos.
- **Transporte:** Vehículos de gasolina y diésel.
- **Cementeras:** Producción de cemento.

Control y Mitigación

Para reducir estas emisiones, se utilizan tecnologías como la desulfurización de gases de combustión (FGD), convertidores catalíticos en vehículos, y sistemas de control de NO_x como quemadores de baja emisión y reactores de reducción catalítica selectiva (SCR).

Conclusión

El deterioro de los monumentos de roca caliza es un proceso químico causado por la lluvia ácida, que se forma a partir de contaminantes industriales como SO₂ y NO_x. La comprensión y el control de estas emisiones son esenciales para proteger el patrimonio cultural y el medio ambiente.

Se me olvidó decirte que en un único párrafo



Envía un mensaje a ChatGPT



ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.



Claro, aquí tienes toda la información resumida en un único párrafo:

El deterioro de los monumentos de roca caliza, compuesta principalmente de carbonato de calcio (CaCO₃), está estrechamente relacionado con la lluvia ácida, un fenómeno causado por contaminantes industriales como el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). Estos contaminantes, producidos principalmente por la combustión de combustibles fósiles en plantas de energía, refinerías de petróleo, industrias metalúrgicas, transporte y cementeras, se mezclan con el agua en la atmósfera para formar ácidos sulfúrico (H₂SO₄) y nítrico (HNO₃). Estos ácidos, al precipitar, reaccionan con el carbonato de calcio de la caliza, formando compuestos más solubles como el sulfato de calcio (CaSO₄) y el nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂), lo que resulta en la disolución y desgaste de la roca. Este proceso lleva a la desintegración superficial, formación de costras y pérdida de detalles en los monumentos. La mitigación de estos efectos implica el uso de tecnologías como la desulfurización de gases, convertidores catalíticos y sistemas de control de NO_x, que son esenciales para reducir las emisiones de SO₂ y NO_x y proteger tanto el patrimonio cultural como el medio ambiente.



Envía un mensaje a ChatGPT



ChatGPT puede cometer errores. Considera verificar la información importante.

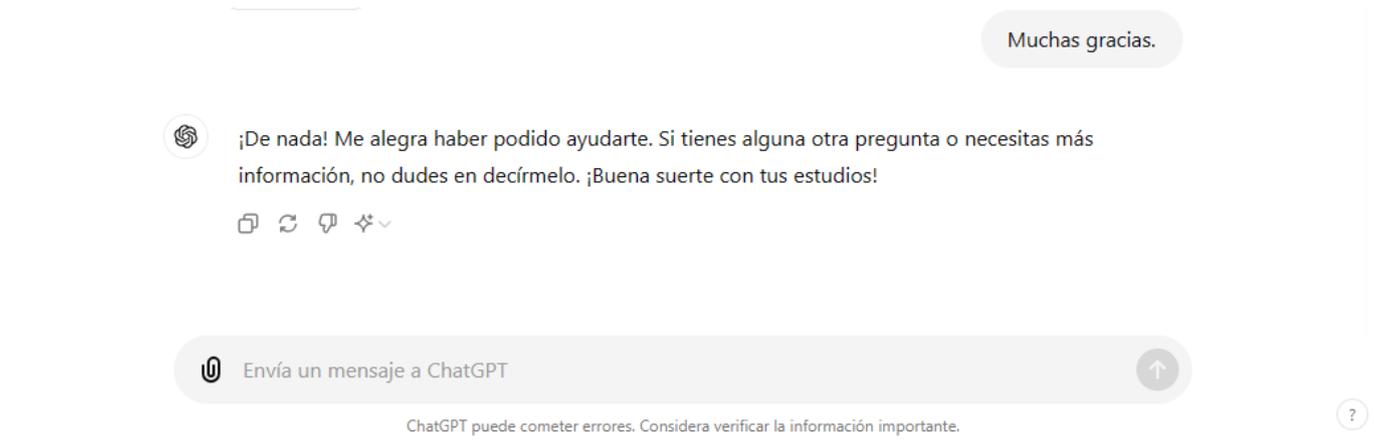


Figura 6.- Transcripción de la conversación con ChatGPT sobre el Caso C.

Anexo 3.- Información relativa al Caso C obtenida con Elicit

Elicit Impact of Acid Rain on Monuments + New Notebook

Impact of Acid Rain on Monuments

ACID RAIN, MONUMENTS

Summary of top 4 papers Copy

Acid rain poses a significant threat to historic monuments, as demonstrated by studies on the Maya monuments in Mexico (Soto, 2004), the Gettysburg National Military Park in the United States (Dolske, 1991), and historical documentation from Italy (Camuffo, 1992). The physical and chemical characteristics of construction materials, such as those used by the Maya civilization, can make these monuments particularly vulnerable to acid rain (Soto, 2004). The impact of acid rain on bronze and marble statuary and monuments, as seen at Gettysburg, is also a cause for concern (Dolske, 1991). Historical evidence from Italy suggests that the phenomenon of acid rain and its detrimental effects on monuments is not a new one (Camuffo, 1992).

+ 2 columns added Sort: Most relevant Filters Export as PLUS 16

Paper	Abstract summary	Material of the monument	chemical reaction
Acid rain in Mexico case: Maya monuments <small>R. Soto +1</small> 2004 · 6 citations	The physical and chemical characteristics of the construction material used by the Mayan civilization suggest a potential for deterioration in such monuments.	The construction material used by the Mayan civilization	The chemical reaction in R. Soto, M. I. Saavedra (2004) is the acid deposition on the construction materials of the Maya monuments, potentially leading to deterioration.
Acid deposition impacts on historic bronze and marble statuary and monuments <small>D. A. Dolske +1</small> 1991 · 7 citations	The deterioration of weathered bronze plaques and marble obelisks that have been in place approximately 100 years has been measured.	bronze plaques and marble obelisks	The chemical reaction involves the reaction between acidic rainfall and the bronze and marble materials of the statuary and monuments.
AQUEOUS GEOCHEMISTRY OF ACID RAIN ATTACK ON BRONZE MONUMENTS ATGETTYSBURG 2001 · 0 citations	A bronze object exposed to the outdoor environment for > 10 years will have developed a patina.	The material of the monument is bronze with a patina composed of brochantite and tenorite, possibly with the addition of atacamite near seacoasts.	The chemical reaction in (2001) involves the acid rain attack on the patina of bronze monuments, approximated as a dilute sulfuric acid solution.
Acid rain and deterioration of monuments: How old is the phenomenon? <small>Dario Camuffo</small> 1992 · 59 citations DOI	The cause of acidification can be found in scientific treatises of the 1600s and 1700s.	The material of the monument is not explicitly mentioned in the abstract, but it discusses the deterioration rate of historic buildings and monuments due to acid rain and pollution.	The chemical reaction in Dario Camuffo (1992) is the process of acidification caused by pollutants and catalysts in the atmosphere, leading to the deterioration of historic buildings and monuments.
Acid deposition impacts on marble monuments at Gettysburg <small>S. Sherwood +1</small> 1992 · 4 citations	Fluid flow over complex surfaces is far more erosive than flow over a flat surface.	Carrara marble and Pennsylvania Blue marble	dissolution of calcium from the marble monuments due to acidic precipitation
Impact of acid precipitation on historical monuments and statues <small>Gurcan Gurgen</small> 2017 · 0 citations PDF DOI	Acid precipitation causes irreparable damage to vegetation, wildlife, and fish populations in lakes, streams, and rivers.	Marble and other carbonate-based stones	The chemical reaction discussed in Gurcan Gurgen (2017) is the reaction between sulphur dioxide (SO ₂) and calcite crystals (CaCO ₃) in marble, resulting in the formation of gypsum (CaSO ₄ 2H ₂ O).
Influence of anthropogenic emissions on wet deposition of pollutants and rainwater acidity in Guwahati, a UNESCO heritage city in Northeast India <small>Rajyalakshmi Garaga +5</small> Atmospheric Research 2020 · 12 citations DOI	Acid rain events occurred throughout the year.	Not mentioned	The chemical reactions involve the acidic species (SO ₄ ²⁻ and NO ₃ ⁻) and elements from anthropogenic sources, leading to acid rain in Guwahati.

Figura 7.- Información obtenida con Elicit relativa al Caso C.

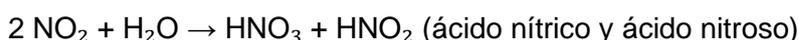
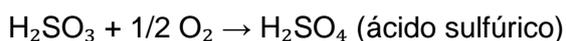
Anexo 4.- Ejemplo de memoria a entregar por el alumno sobre el Caso C

Título: El efecto de la lluvia ácida sobre monumentos.

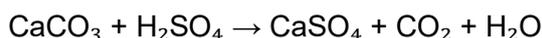
Autor:

1.- Fundamento Químico.

El deterioro de los monumentos hechos de roca caliza (que está formada mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3)), tales como el Coliseo Romano, está muy relacionado con la lluvia ácida. Esta se produce debido a contaminantes industriales como el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) procedentes principalmente de la quema de combustibles fósiles en plantas de energía, refinerías de petróleo, industrias metalúrgicas, transporte y cementeras. Cuando estos gases se mezclan con el agua en la atmósfera forman ácidos sulfúrico (H_2SO_4) y nítrico (HNO_3) a través de las siguientes reacciones químicas:



Cuando estos ácidos caen con la lluvia, reaccionan con el carbonato de calcio de la caliza, formando compuestos más solubles como el sulfato de calcio (CaSO_4) y el nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), como se observa en las siguientes reacciones:



Esto hace que la roca se disuelva y se desgaste, lo que provoca la desintegración superficial, formación de costras y pérdida de detalles en los monumentos.

Para mitigar estos efectos, es esencial usar tecnologías como la desulfurización de gases, convertidores catalíticos y sistemas de control de NO_x . Estas tecnologías ayudan a reducir las emisiones de SO_2 y NO_x , protegiendo así nuestro patrimonio cultural y el medio ambiente.

Este caso práctico se encuadra en el bloque de Química, más concretamente, en la unidad didáctica de Reacciones Químicas.

2.- Conversación con ChatGPT.

Ver Anexo 2.

3.- Información obtenida de artículos científicos con Elicit.

Ver Anexo 3.

4.- Discusión de la información.

La información obtenida con ambas fuentes es similar. Así, tanto empleando ChatGPT como Elicit, se ha concluido que la lluvia, que lleva disuelta en ella sustancias de carácter ácido, es capaz de reaccionar con la roca caliza, disolviéndola. Por tanto, en este caso, el uso de la información proporcionada por ChatGPT sería correcta. Como se ha visto en el seminario, estas inteligencias artificiales son las que más se han desarrollado en el tiempo, siendo, por tanto, las más actualizadas y robustas. También teniendo en cuenta los contenidos vistos en clase sobre reacciones químicas del tipo ácido-base, era de esperar que la roca caliza, al estar formada de carbonatos (sustancias básicas) reaccionaran con las sustancias ácidas (ácidos nítrico y sulfúrico) que se forman debido a la contaminación comentada anteriormente.

Es de interés mencionar también que, con el uso de Elicit, se ha visto que la lluvia ácida es capaz de atacar monumentos construidos con otros materiales, tales como el bronce. En este caso, el bronce es una aleación de cobre y estaño, metales que reaccionan con sustancias ácidas desprendiendo gas hidrógeno. Debido a esto, el metal se corroe, deteriorándose el monumento.

5.- Conclusiones.

Como se ha mencionado, la lluvia ácida es un grave problema a la hora de conservar adecuadamente monumentos, no solo influyendo en los que han sido construidos con roca caliza, sino en una gran variedad de materiales, tales como el bronce. No obstante, este es sólo uno de los problemas que puede generar la lluvia ácida, ya que esta contaminación también puede afectar a los ecosistemas acuáticos, ya que disminuiría el pH del agua causando la muerte de determinadas especies y la consecuente alteración de las cadenas alimenticias. Los suelos y la vegetación también se ven perjudicados por este problema, ya que puede afectar al crecimiento de los cultivos y de las plantas, haciéndolos más susceptibles a enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas. Además, puede afectar a la salud humana, provocando enfermedades respiratorias o cardiovasculares. Es por ello que desde la industria se deberían buscar nuevos procesos que ayuden a disminuir las emisiones de los contaminantes que generan este perjuicio, para ayudar así a la conservación del patrimonio. Para ello también es importante que los gobiernos se involucren, elaborando o modificando la legislación relativa a estos problemas.