



Universidad de Valladolid

**SITUACIONES DE APRENDIZAJE
CONTEXTUALIZADAS PARA LA ENSEÑANZA
DE REACCIONES REDOX EN QUÍMICA DE
SEGUNDO DE BACHILLERATO**

Autora:

Rocío Lozano González

Tutora:

Ana María Velasco Sanz

Facultad de Ciencias

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

Especialidad Física y Química

Julio 2024

Índice

Resumen	1
1. Introducción.....	3
1.1. Justificación del trabajo	3
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Impacto potencial.....	5
2. Contextualización	6
2.1. Competencias clave	7
2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	8
3. Marco teórico	10
3.1. La Química en contexto.....	10
3.2. Reacciones Redox	11
4. Metodología	23
4.1. Aprendizaje colaborativo	23
4.2. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	24
4.3. Aprendizaje por descubrimiento	24
4.4. Química en contexto	24
5. Propuesta de implementación en el aula	25
5.1. Estructura	25
5.2. Temporalización	25
5.3. Sesiones	26
5.4. Evaluación	38
5.5. Atención a la diversidad	41
6. Conclusiones	42
7. Bibliografía	43
8. Anexos	47
ANEXO I. Estados de oxidación del manganeso	47
ANEXO II. Determinación de vitamina c en un complejo vitamínico.....	48
ANEXO III. El hidrógeno verde: proceso de obtención, ventajas e inconvenientes de esta emergente energía renovable	50
ANEXO IV. Encuesta de satisfacción	52

Resumen

La enseñanza de la Química de manera descontextualizada es la principal causante, junto con las metodologías de enseñanza tradicionales, de la baja motivación e interés de los discentes en esta materia. Con el objetivo de mejorar el aprendizaje de la Química y aumentar la motivación a la hora de afrontar esta materia, en este trabajo se ha llevado a cabo una propuesta innovadora que introduce situaciones de aprendizaje directamente relacionados con la vida cotidiana de los alumnos. Las actividades planteadas, que consisten en experimentos de laboratorio y trabajos colaborativos, se han diseñado para abordar los conceptos de las *Reacciones Redox* en segundo de Bachillerato. En ellas los estudiantes utilizarán materiales que conocen y tienen a su alcance, de manera que sean capaces de lograr un aprendizaje significativo de los conceptos abordados, así como de relacionar y aplicar los mismos al mundo que les rodea.

Palabras clave: Reacciones Redox, Bachillerato, Química contextualizada.

Abstract

Teaching Chemistry in a decontextualized manner, along with traditional teaching methodologies, is the main cause of low motivation and interest among students in this subject. With the aim of improving Chemistry learning and increasing motivation in tackling this subject, an innovative proposal has been developed in this work. This proposal introduces learning situations directly related to the students' everyday lives. The proposed activities, which consist of laboratory experiments and collaborative work, are designed to address the concepts of Redox Reactions in the second year of high school. In these activities, students will use materials that they are familiar with and have at their available, enabling them to achieve a meaningful understanding of the concepts covered and to relate and apply them to the world around them.

1. Introducción

1.1. Justificación del trabajo

El aprendizaje de la Química de manera descontextualizada, combinado con el uso de clases magistrales como metodología de enseñanza tradicional de las ciencias (Lacolla, 2024), son las principales causas, no solo, de la mala percepción que tienen los discentes sobre las mismas (Sristy et al., 2023), sino también del desinterés hacia su aprendizaje. Pero ¿cuáles son los factores que contribuyen a esta percepción que los estudiantes de Bachillerato tienen de las asignaturas de ciencias? La falta de conexión entre la ciencia y la vida cotidiana, la memorización como estrategia cognitiva para recordar información o la falta de comprensión sobre la aplicabilidad práctica de los conocimientos adquiridos en las asignaturas de ciencias en situaciones reales, son algunas de las causas principales de dicha percepción (Lacolla, 2024).

En el proceso de enseñanza educativo tanto docente como discente juegan un papel muy importante. El papel del docente es el de enseñar y trasladar a los alumnos la importancia de la Química y su estrecha relación con la vida real; capacitándolos para que sean capaces de observar, comprender y tratar de cuestionarse todo lo que les rodea (Meroni, Copello & Paredes, 2015). Este proceso de enseñanza se puede llevar a cabo a través de diferentes metodologías de enseñanza (López Pérez, 2011) combinadas con una variedad de estrategias pedagógicas.

La enseñanza de la Química en contextos relevantes y significativos para los estudiantes ha sido objeto de interés en la investigación educativa durante décadas (Seery, 2015). El enfoque de contextualización busca conectar los conceptos abstractos de la química con situaciones reales de la vida cotidiana, con el fin de mejorar la comprensión, el interés y la motivación de los estudiantes hacia la disciplina (Santos, Prieto & Merchán, 2018; Seery, 2015; Webster, 2023). En este sentido, diversos estudios han proporcionado evidencia sobre los beneficios de la contextualización en el aprendizaje de la Química, tanto a nivel de educación secundaria como universitaria (Sristy et al., 2023; Vaino, Holbrook & Rannikmäe, 2012; Webster, 2023).

Dentro del estudio de la Química correspondiente a segundo de Bachillerato, se encuentra una unidad didáctica enfocada en las *Reacciones Redox*, la cual, a menudo resulta especialmente abstracta y de dificultad significativa para los discentes. Los cambios en el estado de oxidación y la transferencia de electrones que implican estos procesos pueden

ser algunas de las causas de dicha percepción. Además, la falta de contextualización, las limitaciones de tiempo o la existencia de la prueba de acceso a la universidad dificultan, en muchas ocasiones, la puesta en marcha de diferentes actividades o el uso de recursos que permitan mejorar la comprensión por parte de los alumnos de conceptos abstractos, y lograr un aprendizaje significativo.

En este trabajo se han diseñado diferentes situaciones de aprendizaje que buscan conectar los conceptos teóricos de la Unidad Didáctica de *Reacciones Redox* de la asignatura de Química de 2º de Bachillerato con situaciones reales de la vida cotidiana. Estas situaciones de aprendizaje incluyen trabajos de investigación colaborativos con debates y discusiones posteriores, así como actividades contextualizadas de laboratorio. El objetivo de dicha propuesta es lograr una mejora en la percepción que tienen los alumnos sobre las asignaturas de ciencias, y aumentar su motivación, comprensión e interés en el aprendizaje de la Química. Además, de manera paralela, se pretende que los alumnos comprendan la importancia de dichos procesos químicos en campos como la investigación y la industria, para el desarrollo sostenible y social de las generaciones actuales y futuras.

1.2. Objetivos

Los objetivos establecidos como líneas de acción para este trabajo de fin de máster son los siguientes:

- Elaborar diversas situaciones de aprendizaje para contextualizar la Química de las *Reacciones Redox*.
- Mejorar la percepción de los discentes sobre la asignatura de Química.
- Incrementar la motivación y el interés de los discentes en la materia de Química a través de la experimentación en el laboratorio y la indagación.
- Aumentar la aplicabilidad de los conceptos aprendidos en clase a situaciones cotidianas y fortalecer las habilidades sociales de los discentes a través del trabajo en grupo.
- Mejorar la comprensión y consolidar el conocimiento de los conceptos presentes en la Unidad Didáctica de *Reacciones Redox* en estudiantes de Bachillerato.

1.3. Impacto potencial

La relevancia de este trabajo fin de máster reside en la necesidad de promover una educación científica sólida entre las generaciones futuras, especialmente en un contexto donde la ciencia y la tecnología ejercen una influencia creciente en nuestro día a día. Además, esta formación científica les brindará herramientas para abordar situaciones reales de manera más efectiva, capacitándolos para pensar y actuar con conocimiento ante los desafíos que se encuentren.

La Química desempeña un papel fundamental en el plan de estudios de 2º de Bachillerato, proporcionando a los estudiantes un conocimiento exhaustivo sobre los principios que rigen la materia y los procesos químicos. Esta materia de ciencias se considera esencial para comprender el mundo que nos rodea y son numerosas las aplicaciones de los conceptos aprendidos en la vida cotidiana, desde la preparación de alimentos y la limpieza del hogar hasta la fabricación de medicamentos y materiales innovadores.

2. Contextualización

Las situaciones de aprendizaje planteadas durante el desarrollo de este trabajo se han enfocado hacia la etapa educativa de segundo de Bachillerato. La elección de esta etapa se basó en la madurez y la predisposición que se espera de los estudiantes, siendo estos los principales factores determinantes para su implementación. Sin embargo, un factor limitante que afectará a la extensión y al desarrollo satisfactorio de las situaciones de aprendizaje propuestas, es la existencia de la prueba de acceso a la universidad, una de las mayores preocupaciones de los alumnos de dicho nivel educativo y uno de los propósitos principales de este curso de 2º de Bachillerato.

En relación con los contenidos teóricos abordados durante las situaciones de aprendizaje hay que mencionar que se relacionan con el contenido curricular de Castilla y León, descrito en el Decreto 40/2022, de 29 de septiembre del BOCYL. Más concretamente, este contenido se enmarca en el Bloque B: *Reacciones Químicas*, perteneciente a la asignatura de Química de 2º de Bachillerato. Sin embargo, aunque los contenidos de este bloque, según el decreto, son variados y se dividen en cinco puntos, en esta propuesta nos enfocaremos específicamente en uno de ellos:

5. *Reacciones redox:*

- *Estado de oxidación. Especies que se reducen u oxidan en una reacción a partir de la variación de su número de oxidación.*
- *Método del ion-electrón para ajustar ecuaciones químicas de oxidación-reducción. Cálculos estequiométricos y volumetrías redox.*
- *Potencial estándar de un par redox. Espontaneidad de procesos químicos y electroquímicos que impliquen a dos pares redox.*
- *Leyes de Faraday: cantidad de carga eléctrica y las cantidades de sustancia en un proceso electroquímico. Cálculos estequiométricos en cubas electrolíticas.*
- *Reacciones de oxidación y reducción en la fabricación y funcionamiento de baterías eléctricas, celdas electrolíticas y pilas de combustible, así como en la prevención de la corrosión de metales.*

2.1. Competencias clave

Según lo establecido en la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE), el proceso de enseñanza-aprendizaje se lleva a cabo a través de la adquisición de diversas competencias clave. En este trabajo fin de máster, junto con los objetivos propuestos al inicio, se busca contribuir a la adquisición por parte del alumno de las siguientes competencias clave:

- I. **Competencia en Comunicación Lingüística (CCL).** Su desarrollo es continuo durante la comunicación oral y escrita del alumno, y se promueve también a través de la lectura e interpretación de textos y artículos científicos, así como mediante la participación en debates constructivos con los compañeros.
- II. **Competencia Plurilingüe (CP).** Esta competencia resulta imprescindible a nivel científico. En este trabajo, se desarrollará principalmente en la situación de aprendizaje III, donde los alumnos deberán leer artículos de índole científica, muchos de ellos en inglés, para recopilar la información necesaria para el desarrollo de la actividad.
- III. **Competencia Matemática y Competencias Básicas en Ciencia y Tecnología (CMCT).** En asignaturas de ciencias, como es el caso de la Química, dicha competencia resulta intrínseca y está estrechamente relacionada con el razonamiento, la interpretación de situaciones cotidianas desde el punto de vista científico y el desarrollo del pensamiento lógico-matemático. En este trabajo, se muestra la relación directa entre los conceptos teóricos aprendidos en el aula y el entorno, y se busca fomentar el desarrollo del razonamiento crítico ante cualquier situación cotidiana.
- IV. **Competencia digital (CD).** Los alumnos desarrollarán esta competencia durante el uso de tabletas u ordenadores para la búsqueda de información durante el trabajo de investigación colaborativo, así como al emplear editores de video u aplicaciones para el desarrollo de la actividad de evaluación de una de las situaciones de aprendizaje. También emplearán recursos como Google Forms para la evaluación del docente.
- V. **Competencia Personal, Social y de Aprender a Aprender (CPSAA).** Las metodologías activas, centradas en el alumno como protagonista activo,

permiten fomentar el desarrollo de habilidades y aptitudes imprescindibles para la gestión del propio aprendizaje y el desarrollo personal. Además, el trabajo en grupo también contribuye al desarrollo de habilidades sociales como la comunicación efectiva y la empatía.

- VI. **Competencia Ciudadana (CC).** Al abordar la importancia de la Química de las *Reacciones Redox* en áreas de investigación como las energías renovables, se pone de manifiesto su papel relevante en las sociedades futuras en términos de medio ambiente, sostenibilidad y salud.
- VII. **Competencia Emprendedora (CE).** El desarrollo de esta competencia de manera explícita se producirá durante el diseño por parte de los alumnos de un poster de divulgación científica (Sesión III). Deberán extraer información de interés, organizarla y presentarla de manera atractiva en su proyecto. Además, durante el desarrollo del debate que se desarrollará también durante esta situación de aprendizaje, deberán defender sus posiciones con argumentos y materiales de apoyo adecuados.

2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

La educación posee un papel relevante en el desarrollo hacia la sostenibilidad (Calero et al. 2019; Vilches & Gil, 2012), así se reconoció en la Cumbre de la Tierra de 1992 celebrada en Río de Janeiro. Las estrategias empleadas para educar en un camino centrado en la sostenibilidad se enfocan en lograr la sensibilización y la concienciación de la sociedad sobre los problemas de tipo ambiental y sociales (Fernández & Gutiérrez, 2014).

Desde su aprobación en septiembre de 2015, un programa de aplicación universal que se ha venido utilizando debido a su visión transformadora hacia la sostenibilidad a nivel ambiental, económico y social es la Agenda de 2030 (Cepal, 2019). Este programa fue desarrollado por los jefes de estado de los países miembros de la ONU (Cepal, 2019), y comprende un total de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas de aplicación universal (Tomás & Menoyo, 2020). Además, este ambicioso programa se describe como una herramienta multifacética que puede emplearse en una amplia variedad de campos, incluyendo el ámbito académico, en beneficio de las sociedades actuales y futuras, mediante el establecimiento de comunidades inclusivas y equitativas (Cepal, 2019).

En este apartado, se pretende establecer un nexo entre las situaciones de aprendizaje planteadas en el trabajo fin de máster y los ODS que conforman la Agenda de 2030. La Química en contexto, y más concretamente la Química de las *Reacciones Redox*, muestra relación directa con diversos ODS (ver Figura 1). El primero a destacar es el ODS 4: Educación de Calidad, imprescindible en el ámbito académico y muy necesario para garantizar las oportunidades de aprendizaje para toda la población. Los ODS 6, 7, 9, 11, 12 y 13, relacionados con el medio ambiente y el cambio climático, la sostenibilidad a diferentes niveles industriales y sociales, la innovación, y el consumo y la gestión de un recurso como el agua, serán abordados a través del estudio de las nuevas energías renovables emergentes, las aplicaciones de diversos elementos químicos dependiendo de su estado de oxidación, y su relación con la alimentación y los medicamentos, entre otros temas; abordados durante las situaciones de aprendizaje propuestas en este trabajo.



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados durante la propuesta educativa. Fuente: <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/>

3. Marco teórico

El marco teórico en el que se fundamenta esta propuesta se ha dividido en dos secciones, de manera que permita tener una estructura clara y sencilla del enfoque pedagógico utilizado y de los contenidos didácticos específicos que se tratarán durante la misma. En concreto, la primera sección se centra en la estrategia didáctica que sustenta las situaciones de aprendizaje planteadas, es decir, la *Química en contexto*. La segunda sección trata los conceptos teóricos de las *Reacciones Redox*.

3.1. La Química en contexto

Tal y como ya se ha mencionado, en los últimos años, las investigaciones realizadas sobre la enseñanza de la Química en contexto han sido numerosas, tanto a nivel nacional como internacional. El artículo de Caamaño et al. (2005) titulado "Química Cotidiana: un proyecto para la enseñanza de una Química contextualizada en la Educación Secundaria Obligatoria", destaca la importancia de integrar la Química en situaciones cotidianas para promover una comprensión más profunda de los conceptos químicos. El enfoque de este proyecto se centra en la creación de actividades educativas que permitan a los estudiantes explorar y comprender la química presente en su entorno diario. Por otro lado, Meroni et al. (2015) en su estudio titulado "Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria", resaltan la necesidad de promover una enseñanza innovadora que sitúe la química en contextos significativos para los estudiantes. Además, estos autores, señalan que este enfoque puede mejorar la comprensión de los conceptos químicos al mostrar su aplicación práctica en situaciones reales, lo que puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes con el aprendizaje.

A nivel nacional, López Pérez (2011) ha investigado sobre el uso de metodologías activas de enseñanza para el aprendizaje de la Química. Rodríguez y de Tuero Bonán (2011) han explorado cómo el uso de elementos cotidianos y estrechamente relacionado con los adolescentes, como las golosinas puede ser una estrategia efectiva para enseñar Química. Por último, las investigaciones de Sristy et al. (2023) han demostrado que integrar contextos del mundo real en la materia de Química aumenta las calificaciones de los estudiantes y mejora sus percepciones sobre la relevancia de la Química en sus vidas.

En resumen, la contextualización de la enseñanza de la Química se ve como una estrategia pedagógica efectiva para mejorar el aprendizaje de los estudiantes en Bachillerato. Al conectar los conceptos químicos con situaciones reales y significativas para los estudiantes, se promueve una comprensión más profunda, un mayor interés y una mayor motivación hacia la disciplina. Los estudios revisados proporcionan un respaldo teórico sólido que sustenta la implementación de la contextualización en el aula de Química.

3.2. Reacciones Redox

La propuesta educativa que se plantea en este trabajo aborda diversos conceptos asociados al tema de *Reacciones Redox*, una unidad didáctica recogida dentro del currículo de la materia de Química de segundo de Bachillerato.

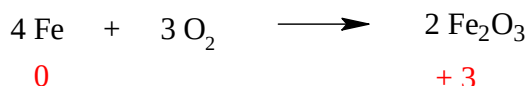
3.2.1. Conceptos de oxidación y reducción

Cuando un objeto metálico, cuya composición química contiene hierro, se expone durante mucho tiempo a diversas condiciones meteorológicas, como la lluvia y el aire, se forma sobre su superficie una capa de óxido. Por esta razón, se dice que:

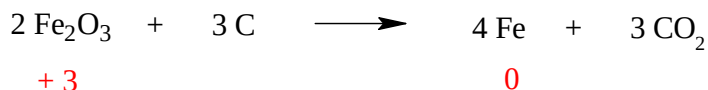
- Una sustancia **se oxida** cuando su proporción de oxígeno **aumenta**.
- Una sustancia **se reduce** cuando su proporción de oxígeno **disminuye**.

Observamos ahora la reacción de oxidación y reducción del hierro:

Oxidación



Reducción



En el proceso de oxidación, la **carga** del Fe pasa de **0** a **+3**. Cada átomo de Fe ha experimentado la pérdida de 3 electrones, los cuales han sido captados por el oxígeno, cuya carga pasa de 0 en el O₂ a -2 en el Fe₂O₃. Durante la reducción, el Fe disminuye su **carga** pasando de **+3** a **0**. Los electrones necesarios para el proceso de reducción son aportados por el carbono, pero el CO₂ es un compuesto covalente, es decir, el carbono forma con el oxígeno enlaces covalentes polares, con los electrones más próximos al oxígeno, que es más electronegativo. En el CO₂, el carbono tiene una carga parcial

positiva de +4 (formando dos dobles enlaces) y el oxígeno una carga parcial negativa de -2.

Un término introducido con el fin de evitar la necesidad de referirse a cargas reales o cargas parciales es el **número de oxidación**, que se define como:

El número de cargas que tendría un átomo en una sustancia si los electrones de enlace fueran transferidos completamente al átomo más electronegativo entre los átomos que forman el enlace (Vidal Fernández & Peña Tresancos 2023).

Es por ello, que hablando ahora en términos de número de oxidación:

- Un elemento **se oxida** cuando su estado de oxidación **aumenta**.
- Un elemento **se reduce** cuando su estado de oxidación **disminuye**.

Cuando tiene lugar un proceso de oxidación, simultáneamente se produce un proceso de reducción, y viceversa. A este tipo de reacciones se les denomina procesos de oxidación-reducción, o procesos redox, y consisten en reacciones de transferencia de electrones, en las que la sustancia que se oxida cede electrones y la que se reduce los capta.

Dos conceptos clave que surgen en relación con los procesos redox son los de reductor y oxidante, que son términos relativos, dependiendo del proceso que experimente el elemento:

- **Reductor:** el elemento que se oxida (cede electrones) y aumenta su número de oxidación.
- **Oxidante:** el elemento que se reduce (capta electrones) y disminuye su número de oxidación.

Un **par redox conjugado** está formado por el oxidante y la especie reductora resultante del proceso de reducción que este sufre, y por el reductor y la especie oxidante resultante de su proceso de oxidación.

3.2.2. Ajuste de Reacciones Redox

El ajuste de los procesos redox, que tienen lugar entre elementos e iones monoatómicos, debe realizarse asegurando que en ambos miembros de la ecuación se tenga el mismo número de átomos de cada uno de los elementos que participan en la reacción, y que las cargas estén equilibradas. Para ello, se determinará el número de oxidación de los

elementos e iones, y se empleará el método del ión-electrón, que se explicará a continuación:

3.2.2.1. *Determinación del número de oxidación*

Para determinar el número de oxidación de un elemento químico, ya sea en su forma libre o formando un compuesto, existen una serie de reglas que se enumerarán a continuación:

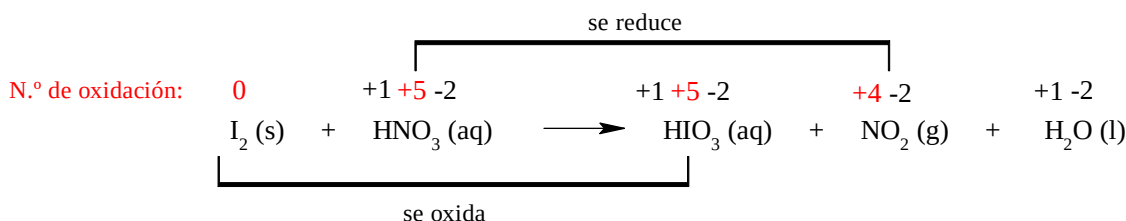
1. **Elementos libres o en estado natural.** El número de oxidación de cada átomo será 0.
2. **Metales alcalinos y alcalinotérreos.** Los alcalinos disponen de número de oxidación +1 y los alcalinotérreos de número de oxidación +2.
3. **Iones monoatómicos:** número de oxidación igual a la carga del ion.
4. **Compuestos con oxígeno.** Los átomos de oxígeno tienen un número de oxidación -2. Como excepción, hay que destacar los peróxidos donde el oxígeno tiene número de oxidación -1, los superóxidos donde el estado de oxidación es -1/2 y las combinaciones oxígeno-flúor, donde el número de oxidación del O es +2.
5. **Compuestos con hidrógeno.** El hidrógeno siempre tiene número de oxidación +1, excepto en los hidruros metálicos, donde es -1.
6. **Compuestos de flúor.** Este elemento siempre tiene número de oxidación -1.
7. **Otros compuestos covalentes sin oxígeno ni hidrógeno.** El número de oxidación negativo se asigna al elemento más electronegativo.
8. **Compuestos neutros e iones poliatómicos.** La carga neta total resultante de la suma de los números de oxidación de todos los átomos es cero.

3.2.2.2. *Método del ion-electrón*

Ajuste de reacciones redox en medio ácido

La mayoría de los procesos redox ocurren en un medio acuoso de carácter ácido. Para ajustar las ecuaciones químicas correspondientes a estos procesos, es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se detallan a continuación, haciendo uso de un ejemplo:

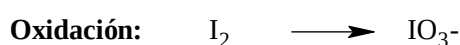
1. Identificar el o los elementos que se oxidan y se reducen. Para ello, determinar el nº de oxidación de todos los elementos que participan en el proceso redox.



2. Escribir la ecuación en forma iónica con los iones o especies que contienen los elementos que se oxidan/reducen.

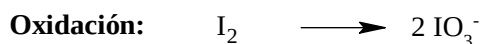


3. Escribir las semirreacciones de oxidación y reducción.



4. Ajustar los átomos de los elementos distintos de oxígeno e hidrógeno.

En el ejemplo, en la semirreacción de oxidación, hay dos átomos de I a la izquierda (I_2) y uno a la derecha (IO_3^-); multiplicar el ion por 2. En la reducción, el número de N es igual en ambos miembros.



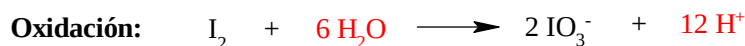
5. Ajustar los átomos de Oxígeno. Para ello, añadir en el miembro de la semirreacción con menor número de átomos de oxígeno, igual número de moléculas de agua como átomos de oxígeno haya de más en el otro miembro de la semirreacción.

En el ejemplo, en la semirreacción de oxidación, hay seis átomos de O a la derecha (IO_3^-) y ninguno en la izquierda; añadir seis moléculas de H_2O en la izquierda. En la reducción, hay tres átomos de O a la izquierda (NO_3^-) y dos en la derecha; añadir una molécula de H_2O en la derecha.



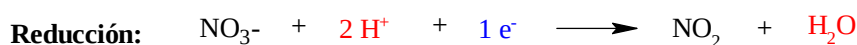
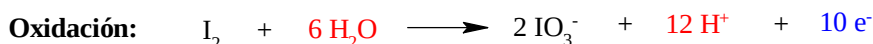
6. Ajustar los átomos de hidrógeno. Para ello, añadir en el miembro contrario de la semirreacción en el que se ha añadido el agua, el doble de H^+ .

Como en el paso anterior se han añadido en el miembro de la izquierda, en la semirreacción de oxidación, seis moléculas de H₂O, añadir el doble de H⁺ en el miembro de la derecha (12 H⁺). En la semirreacción de reducción, como se añadió una molécula de agua en el miembro de la derecha, añadir el doble de H⁺ en el miembro de la izquierda (2 H⁺).



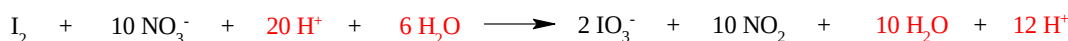
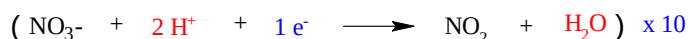
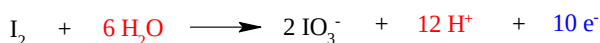
7. Balancear las cargas. Para ello, sumarle al miembro con mayor número de cargas positivas tantos electrones (carga -1) como sean necesarios, igualando la carga de ambos miembros.

En el ejemplo, en la semirreacción de oxidación, hay una carga de 0 a la izquierda y una carga de +10 a la derecha [$2(-1) + 12(+1) = +10$]. Al miembro de la derecha se le suman 10 e⁻. En el caso de la semirreacción de reducción, hay una carga de +1 en el miembro de la izquierda [$(-1) + 2(+1) = +1$], y una carga de 0 en la derecha. Sumar 1 e⁻ en el miembro de la izquierda.



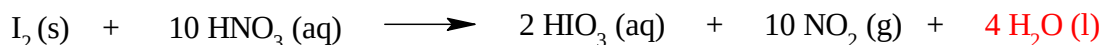
8. Escribir la ecuación iónica global. Sumar ambas semirreacciones asegurándose previamente de que el n.º de electrones cedidos por el reductor en el proceso de oxidación es el mismo que el n.º de electrones captados por el oxidante en el proceso de reducción. En caso de que dicho número no coincida, multiplicar una o ambas semirreacciones por un número que permita igualar los electrones que participan en ambos procesos.

En el ejemplo, el número de electrones cedidos por el reductor en la semirreacción de oxidación es de 10 e⁻ y el número de electrones captados por el oxidante en la reducción es de 1 e⁻. Multiplicar por 10 la semirreacción de reducción para igualar los electrones que intervienen en ambas.



9. Escribir la ecuación del proceso redox en forma molecular y comprobar que el ajuste es correcto.

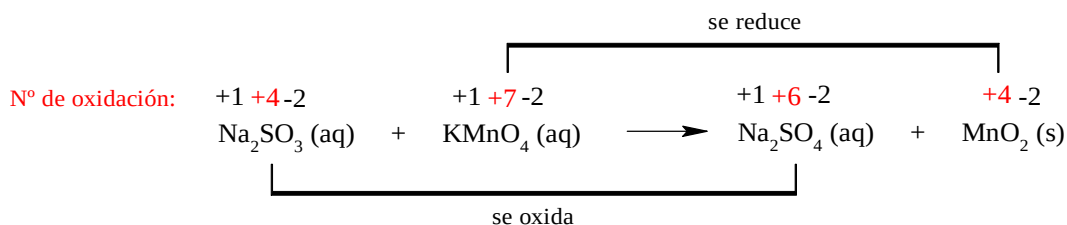
En el ejemplo, los iones NO_3^- y H^+ , presentes en el miembro de la izquierda de la ecuación iónica global, pertenecen al compuesto HNO_3 . Su coeficiente estequiométrico es 10 debido a que alcanza el coeficiente más alto de ambos iones en el ajuste. Los 8 H^+ se corresponden con los átomos de H que van a aparecer en los productos como H_2O .



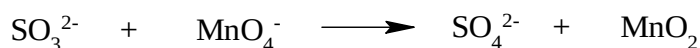
Ajuste de reacciones redox en medio básico

De igual modo que en medio ácido, los procesos redox que tienen lugar en diversos campos de la química también pueden ocurrir en medios acuosos de carácter básico. Para ajustar las ecuaciones químicas correspondientes a estos procesos, es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se detallan a continuación haciendo uso de un ejemplo:

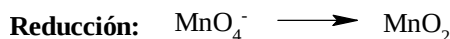
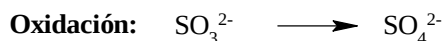
1. Identificar el o los elementos que se oxidan y se reducen. Para ello, determinar el n° de oxidación de todos los elementos que participan en el proceso redox.



2. Escribir la ecuación en forma iónica con los iones o especies que contienen los elementos que se oxidan/reducen.

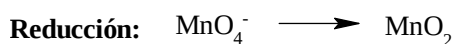
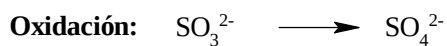


3. Escribir las semirreacciones de oxidación y reducción.



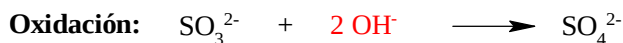
4. Ajustar los átomos de los elementos distintos de oxígeno e hidrógeno.

En el ejemplo, en ambas semirreacciones el número de átomos de S y Mn están ajustados.



5. Ajustar los átomos de Oxígeno. Para ello, añadir en el miembro de la semirreacción con menor número de átomos de oxígeno, el doble de iones hidróxido (OH^-) como átomos de oxígeno haya de más en el otro miembro de la semirreacción.

En el ejemplo, en la semirreacción de oxidación, hay tres átomos de O a la derecha (SO_3^{2-}) y cuatro en la izquierda (SO_4^{2-}); añadir dos iones hidróxido (OH^-) a la izquierda. En la reducción, hay cuatro átomos de O a la izquierda (MnO_4^-) y dos en la derecha (MnO_2); añadir cuatro iones hidróxido (OH^-) a la derecha.



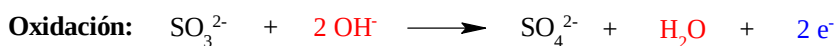
6. Ajustar los átomos de hidrógeno. Para ello, añadir en el miembro contrario de la semirreacción en el que se ha añadido el doble de OH^- , la mitad de las moléculas de H_2O .

Como en el paso anterior se han añadido en el miembro de la izquierda, en la semirreacción de oxidación, dos iones hidróxido (OH^-), añadir la mitad de moléculas de H_2O en el miembro de la derecha. En la semirreacción de reducción, como se añadieron cuatro iones hidróxido (OH^-) en el miembro de la derecha, añadir la mitad de moléculas de H_2O en el miembro de la izquierda.



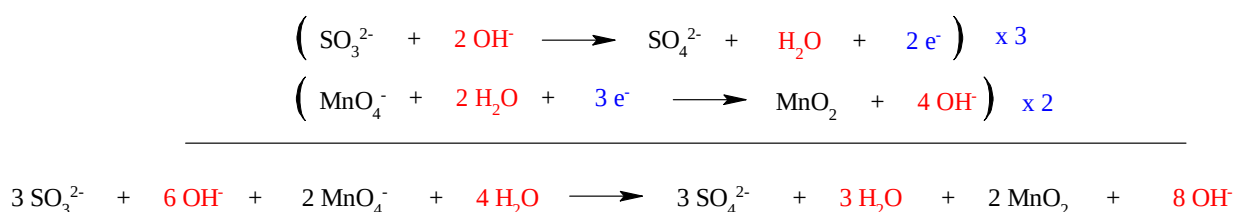
7. Balancear las cargas. Para ello, sumarle al miembro con mayor número de cargas positivas tantos electrones (carga -1) como sean necesarios, igualando la carga de ambos miembros.

En el ejemplo, en la semirreacción de oxidación, hay una carga de -4 a la izquierda $[(-2) + 2(-1) = -4]$, y una carga de -2 a la derecha. Al miembro de la derecha se le suman 2e^- . En el caso de la semirreacción de reducción, hay una carga de -1 en el miembro de la izquierda y una carga de -4 en el miembro de la derecha. Sumar 3e^- en el miembro de la izquierda.

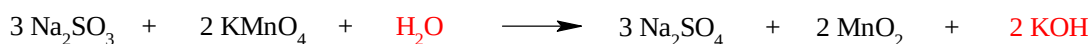


8. Escribir la ecuación iónica global. Sumar ambas semirreacciones asegurándose previamente de que el n.º de electrones cedidos por el reductor en el proceso de oxidación es el mismo que el n.º de electrones captados por el oxidante en el proceso de reducción. En caso de que dicho número no coincida, multiplicar una o ambas semirreacciones por un número que permita igualar los electrones que participan en ambos procesos.

En el ejemplo, el número de electrones cedidos por el reductor en la semirreacción de oxidación es de $2 e^-$ y el número de electrones captados por el oxidante en la reducción es de $3 e^-$. Multiplicar por 3 la semirreacción de oxidación y por 2 la semirreacción de reducción para igualar los electrones que intervienen en ambas.



9. Escribir la ecuación del proceso redox en forma molecular y comprobar que el ajuste es correcto.



3.2.3. Valoraciones redox

Las volumetrías o valoraciones redox son un método analítico que permite determinar la concentración de una disolución determinada mediante su reacción redox con una disolución de concentración conocida. Este método analítico es ampliamente utilizado en las diversas ramas de la Química debido a su precisión y capacidad para cuantificar la concentración de una amplia variedad de sustancias. Por ejemplo, en la industria farmacéutica, esta técnica analítica se utiliza para determinar el contenido de vitamina C en complejos vitamínicos mediante yodometría. La yodometría es un tipo de volumetría redox que emplea el yodo como agente reactivo en la reacción redox para la determinación de la concentración de sustancias específicas en una muestra.

El procedimiento experimental para llevar a cabo esta técnica analítica es muy sencillo y los pasos a seguir son los mencionados a continuación:

- Colocar la disolución de agente valorante de concentración conocida en la bureta.
- Preparar las muestras: pretratamiento en caso de que sea necesario, y disolución. Establecer el medio ácido/básico y añadir el agente indicador.
- Añadir la disolución de agente valorante gota a gota sobre la muestra.

Importante: controlar la llave de la bureta con fluidez, especialmente al acercarse al punto final de la valoración.

- Cerrar la llave de la bureta cuando se observe un cambio de color en la disolución contenida en el matraz, se habrá alcanzado el punto final de la volumetría.
- Anotar el volumen de agente valorante gastado en la valoración.
- Realizar los cálculos necesarios para obtener la concentración de la disolución problema.

3.2.4. *Electroquímica: celdas galvánicas y celdas electrolíticas*

La electroquímica es la rama de la química que se centra en el estudio del uso de reacciones químicas espontáneas para producir energía eléctrica (celda galvánica) y del empleo de la energía eléctrica para llevar a cabo reacciones no espontáneas (celda electrolítica). Estas reacciones, conocidas como reacciones electroquímicas, consisten en procesos de oxidación-reducción que tienen lugar en la superficie de contacto de los electrodos metálicos con una disolución de electrolito y se caracterizan por la transferencia de electrones desde un agente reductor a un agente oxidante.

Una pila electroquímica o pila galvánica es un dispositivo diseñado para la generación de energía eléctrica mediante una reacción redox espontánea. Esta pila se caracteriza por disponer de los siguientes componentes (ver figura 2):

- Dos semiceldas donde se encuentran los electrodos, el ánodo (-) y cátodo (+) donde tienen lugar los procesos de oxidación y reducción.
- Un circuito externo por el que viajan los electrones generados en el ánodo hacia el cátodo.

- Un puente salino necesario para cerrar el circuito eléctrico y mantener la electroneutralidad.

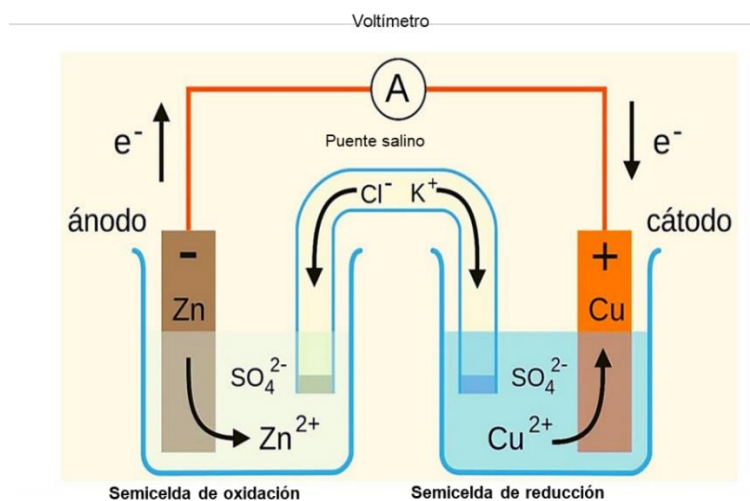


Figura 2. Esquema de la pila Zn-Cu. (Fuente: <https://images.app.goo.gl/zSbjKVKu5Rqw1pU66> y edición propia)

Por el contrario, una celda electrolítica es un dispositivo que tiene como finalidad el uso de la energía eléctrica para impulsar una reacción química no espontánea. Al igual que la celda galvánica, esta celda se caracteriza por disponer de dos electrodos, ánodo y cátodo, aunque con signos opuestos; el ánodo tiene carga positiva (+) y el cátodo carga negativa (-). Además, esta celda cuenta con una disolución de electrolito, que alberga los iones móviles, y una fuente de energía eléctrica externa, que proporciona la corriente necesaria para que tenga lugar la reacción (ver Figura 3).

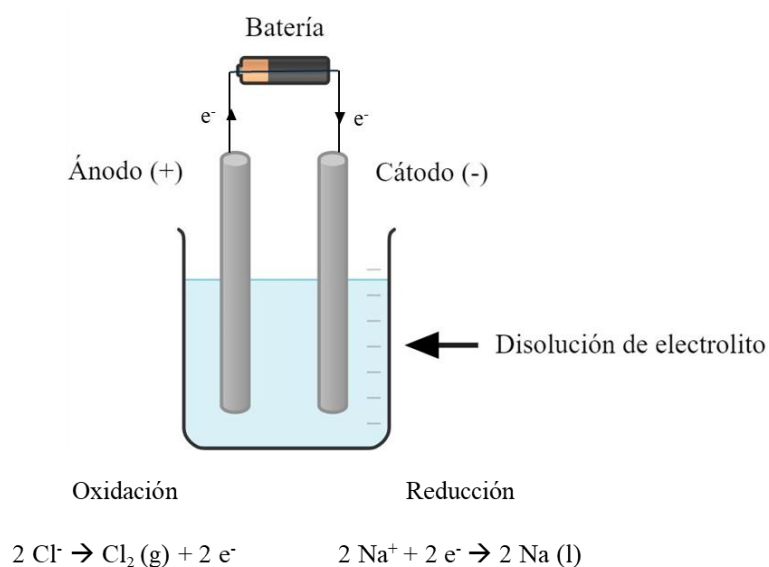


Figura 3. Esquema de una celda electrolítica. (Fuente: elaboración propia)

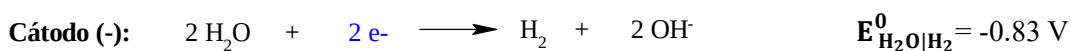
3.2.4.1. Procesos electrolíticos

- **Electrolisis del agua**

La reacción de electrolisis del agua consiste en un proceso químico de descomposición, en el que el agua se transforma en hidrógeno y oxígeno por acción de una corriente eléctrica.

En cuanto al montaje necesario para llevar a cabo esta reacción electrolítica es muy sencillo, y únicamente es necesario disponer de un recipiente con agua que contenga una pequeña cantidad de electrolito para una buena conductividad, y dos electrodos inertes conectados a una fuente de corriente continua. El agua pura no se emplea para llevar a cabo este proceso electrolítico ya que es mala conductora al no poseer especies químicas disociadas que le permitan tener buena conductividad al aportar al medio cationes y aniones.

En el siguiente esquema, se muestran las semirreacciones que tienen lugar durante dicho proceso redox:



En el ánodo, tiene lugar el proceso de oxidación del oxígeno, el cual pasa de O^{2-} a $\text{O}_2 \text{ (g)}$. En el cátodo, tiene lugar el proceso de reducción del oxígeno, que pasa de H^+ a $\text{H}_2 \text{ (g)}$. Observando los potenciales de reducción estándar y calculando el valor de la fuerza electromotriz (*fem*) de la celda electrolítica,

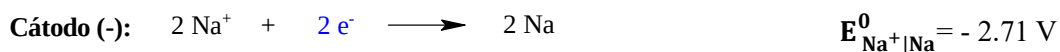
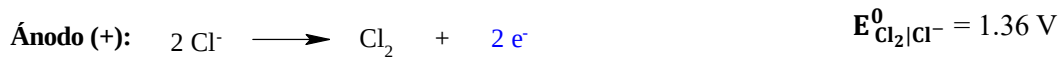
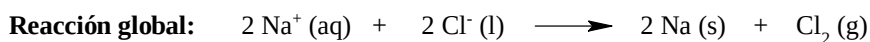
$$E_{\text{pila}}^0 = E_{\text{cátodo}}^0 - E_{\text{ánodo}}^0 = -0.83 \text{ V} - (1.23 \text{ V}) = -2.06 \text{ V}$$

se comprueba que el proceso redox ocurrido es no espontáneo, ya que el valor de la *fem* obtenido es negativo, y, por tanto, es necesario el empleo de una corriente eléctrica externa para que tenga lugar la reacción.

- **Electrolisis de una sal**

Los compuestos iónicos como las sales se caracterizan por ser buenos conductores de la electricidad cuando se encuentran fundidas o en disolución acuosa. Si se hace pasar una corriente eléctrica a través de una sal en disolución o fundida, es posible obtener una

reacción de electrolisis. Un ejemplo de este tipo de reacción de electrolisis es la electrolisis en estado fundido del cloruro sódico (NaCl).



En el esquema anterior, se muestra la reacción global del proceso electrolítico en estado fundido del NaCl, así como las semirreacciones de oxidación y reducción que tienen lugar en el ánodo y cátodo, respectivamente. Como puede observarse, en el ánodo se produce la oxidación del Cl^- a Cl_2 , y en el cátodo tiene lugar la reducción del Na^+ a Na. Observando los potenciales de reducción estándar y calculando el valor de la *fem* de la celda electrolítica,

$$E_{\text{pila}}^0 = E_{\text{cátodo}}^0 - E_{\text{ánodo}}^0 = -2.71 \text{ V} - (1.36 \text{ V}) = -4.07 \text{ V}$$

se comprueba que el proceso redox ocurrido es no espontáneo, ya que el valor de la *fem* obtenido es negativo y, por tanto, es necesario el empleo de una pila externa con *fem* mayor a 4.07 V para que se produzca la reacción de electrólisis.

4. Metodología

Las teorías constructivistas del aprendizaje, surgidas en el siglo XX, se fundamentan en la construcción del conocimiento a través de las experiencias y reflexiones del individuo, mediante su participación activa (Bada & Olusegun, 2015; Amineh & Asl, 2015).

Jean Piaget, un psicólogo suizo, propuso que el aprendizaje se produce cuando el individuo tiene que adaptar sus esquemas mentales existentes para incorporar la información nueva que le llega. Según Piaget, el discente es activo durante todas las etapas de su desarrollo, y la comprensión se construye mediante su implicación y participación (Amineh & Asl, 2015).

Por otro lado, el psicólogo y pedagogo estadounidense Bruner, en su teoría del aprendizaje por descubrimiento, defendió que los discentes mejoran su aprendizaje cuando participan activamente en el proceso (Bruner, 1961). En este enfoque, el rol del docente es servir de apoyo al estudiante. Este autor, también destacó la importancia de la cultura en el proceso de aprendizaje y cómo la educación debería proporcionar a la comunidad sujetos que participen de su cultura, además de desarrollar su pensamiento crítico. Estas teorías, en especial la de Bruner, son la base de diversas prácticas educativas actuales.

Junto al modelo constructivista, se encuentran las metodologías activas que entienden el aprendizaje como un proceso constructivo en el cual el alumno es el protagonista activo del mismo (Santos-Ellakuria, 2019). Basándose en estas metodologías activas, se van a desarrollar seguidamente los diferentes tipos de enfoques metodológicos en torno a los que se va a enfocar la propuesta educativa de este trabajo fin de máster.

4.1. Aprendizaje colaborativo

En este modelo de aprendizaje, los alumnos mediante trabajo en grupos pequeños y de manera conjunta deben lograr alcanzar un objetivo propuesto. El rol del docente es principalmente el de orientador, sirviendo de guía en el proceso de aprendizaje de los alumnos, dejando mayor libertad y fomentando la autonomía de los discentes en su aprendizaje (Vargas et al., 2020).

4.2. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El aprendizaje Basado en Problemas es una metodología que parte de la base de un problema. Los alumnos mediante la formulación de una serie de preguntas y la investigación basada en su conocimiento previo buscan cumplir con los objetivos de aprendizaje planteados en la tarea o reto planteado (Montoya, 2013).

Además, el ABP es un modelo de aprendizaje que permite desarrollar el razonamiento y el juicio crítico en el discente, mientras que adquiere, a través de situaciones o problemas reales, conocimientos y habilidades, fomentando el aprendizaje autónomo y mejorando la capacidad de identificar y resolver problemas (Viniegra & Melo, 2002).

4.3. Aprendizaje por descubrimiento

El aprendizaje por descubrimiento es una metodología activa que posee como centro del proceso de enseñanza-aprendizaje al alumno, y busca como resultado el aprendizaje significativo (Espinoza-Freire, 2022). En este modelo de aprendizaje, el alumno debe construir su propio conocimiento mediante la indagación y la búsqueda de información.

4.4. Química en contexto

La Química en contexto es una estrategia educativa que busca conectar, mediante la contextualización, los conceptos abstractos de la Química aprendidos en las aulas con situaciones reales de la vida cotidiana (Meroni, Copello & Paredes, 2015).

La integración de contextos del mundo real y actividades prácticas en el aula de Química permite mejorar la comprensión de la Química por parte de los estudiantes, aumentar el rendimiento académico y mejorar la percepción de la relevancia de la Química en sus vidas, tras mostrar la aplicabilidad de los conceptos teóricos en situaciones cotidianas (Santos, Prieto & Merchán, 2018; Seery, 2015; Webster, 2023).

5. Propuesta de implementación en el aula

5.1. Estructura

La propuesta educativa que se presenta en este trabajo se ha diseñado como complemento adicional a las clases teóricas. El objetivo principal es el de favorecer a los discentes la integración de los conceptos impartidos en el aula con situaciones de su vida cotidiana, de una forma experimental. Para ello, se han planteado cuatro situaciones de aprendizaje. Esta propuesta combina clases teóricas, donde se impartirán los contenidos didácticos correspondientes a la Unidad Didáctica de *Reacciones Redox* de la asignatura de Química de 2º de Bachillerato, con sesiones prácticas contextualizadas. Dichas sesiones incluyen diferentes experimentos de laboratorio, así como trabajos de investigación colaborativos que tendrán como finalidad la elaboración de un poster de divulgación científica, los cuales se expondrán en clase, y serán seguidos de un debate.

5.2. Temporalización

La propuesta educativa se desarrollará a lo largo de toda la Unidad Didáctica: *Reacciones Redox*, conforme se vayan abordando los conceptos teóricos más significativos. Las actividades se estructurarán por sesiones, y a pesar de que su duración se define claramente, esta podría modificarse en función de diversos factores como podrían ser el desarrollo de las clases teóricas y la comprensión de los conceptos por parte de los alumnos, o la evolución de las propuestas contextualizadas una vez estén en desarrollo.

En la siguiente tabla (ver Tabla 1) se presenta la temporalización, a través de la cual se han planificado y organizado las actividades correspondientes a la Unidad didáctica: *Reacciones Redox*. Esta unidad se divide en un total de 14 sesiones de una duración de 50-55 min, planificadas con el fin de asegurar su desarrollo satisfactorio. Dichas sesiones se dividen en clases teóricas y prácticas (cuadros rosas), destinadas a la explicación de los conceptos teóricos y la resolución de problemas, así como en sesiones de laboratorio (cuadros verdes) en las que se llevará a cabo las situaciones de aprendizaje planteadas en este trabajo fin de máster.

Esta planificación temporal se ha realizado teniendo en cuenta el número total de clases de la asignatura de Química de 2º de Bachillerato durante un curso escolar, el número total de unidades didácticas en la materia, y la complejidad y extensión de cada una de

estas unidades, así como el tiempo necesario para su correcto desarrollo. Además, durante mi etapa de prácticas del Máster, he tenido la oportunidad de desarrollar e implementar dicho tema con los alumnos y he comprobado que es necesario dedicar al menos cuatro clases más que las correspondientes a otras unidades, debido a la dificultad que suponen los conceptos teóricos abordados para los discentes.

Tabla 1. Temporalización de la Unidad didáctica: Reacciones Redox.

Reacciones redox	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7	Sesión 8	Sesión 9	Sesión 10	Sesión 11	Sesión 12	Sesión 13	Sesión 14
Introd.														
4.2.1														
4.2.2														
4.2.3														
4.2.4														
Resto contenidos														

5.3. Sesiones

5.3.1. Sesión I. Estados de oxidación del Manganeso.

La primera sesión de esta propuesta se llevará a cabo una vez que se haya introducido el concepto de número de oxidación en el aula. Según la bibliografía, este concepto resulta desafiante para los estudiantes, ya que les resulta difícil identificar qué especies experimentan cambios en su número de oxidación, especialmente cuando se trata de iones de naturaleza poliatómica (Massaferro, 2018), a su vez dificulta la identificación de los átomos involucrados en la reacción (Adu-Gyamfi, Ampiah & Agyei, 2018).

Es por ello que se plantea realizar una práctica de laboratorio que permitirá identificar de manera clara los diferentes estados de oxidación del manganeso. El objetivo de este experimento será que los alumnos, mediante el planteamiento de la reacción redox que tiene lugar y la determinación del número de oxidación de los átomos que participan en la reacción, determinen el estado de oxidación final del manganeso, justificando si este se ha oxidado o reducido en base al cambio del estado de oxidación ocurrido. Estos

procesos redox resultan muy visibles y llaman significativamente la atención de los alumnos, debido a los cambios de color que manganeso experimenta cuando cambia su estado de oxidación.

En la vida cotidiana, el manganeso posee numerosas aplicaciones en diferentes campos como la industria del acero, la fabricación de baterías y pilas alcalinas, donde se emplea como material en el cátodo, y en el tratamiento de aguas, donde se emplea para eliminar sustancias contaminantes. Además, en aspectos más cercanos a nosotros, como es la dieta humana, donde es esencial, se encuentra presente en diversos suplementos nutricionales. Por ello, se les pedirá a los alumnos que realicen una pequeña investigación individual sobre la presencia del manganeso en la vida cotidiana y los números de oxidación que tiene en cada una de estas situaciones.

Finalmente, los alumnos realizarán un experimento de laboratorio en parejas, que consistirá en observar los diferentes estados de oxidación del manganeso. Para su desarrollo, el docente proporcionará un pequeño guion con el procedimiento experimental a seguir y los materiales y reactivos necesarios, como se muestra en la figura 4.

ESTADOS DE OXIDACIÓN DEL MANGANESO

Objetivo:

El objetivo de este experimento es profundizar en el concepto de número de oxidación y su determinación en diversas especies de manganeso. A través de este experimento, también se estudiarán los diferentes procesos redox que tienen lugar durante su desarrollo y las reacciones asociadas.

Materiales y reactivos:

- 4 placas de Petri
- Disolución acuosa de KMnO_4 0.01 M
- Disolución acuosa de NaOH 1 M
- Disolución acuosa de NaHSO_3 0.01 M
- Disolución acuosa de H_2SO_4 1 M

Procedimiento experimental:

Para comenzar, preparar las disoluciones acuosas de KMnO_4 , NaOH , NaHSO_3 y H_2SO_4 a la concentración establecida por el guion. A continuación, sobre cuatro placas de Petri añadir 5 mL de la disolución de KMnO_4 0,01 M.

Placa 1: Observar el color de la disolución y determinar el n.º de oxidación del Mn en dicho compuesto. Anotar en el cuaderno los fenómenos observados.

Placa 2: Añadir 4 mL de NaOH 1 M en la placa 2. Seguidamente, verter gota a gota, con ayuda de una bureta, la disolución 0,01 M de NaHSO_3 sobre la disolución de KMnO_4 en medio básico contenida en la placa. Observar el cambio de color de la disolución y determinar el n.º de oxidación del Mn. Anotar en el cuaderno los fenómenos observados.

Placa 3: Añadir NaHSO_3 0,01 M sobre la disolución de KMnO_4 contenida en la placa 3, hasta desaparición del color inicial. Observar los fenómenos ocurridos y anotarlos en el cuaderno. Determinar el n.º de oxidación del Mn tras el proceso redox.

Placa 4: Añadir sobre la disolución de KMnO_4 contenida en la placa, 3 mL de H_2SO_4 1 M para acidificar el medio. A continuación, con ayuda de una bureta, añadir lentamente la disolución de NaHSO_3 0,01 M sobre la placa hasta observar un cambio de color. Determinar el n.º de oxidación del Mn en la especie resultante y anotar los fenómenos observados en el cuaderno.

Cuestiones adicionales:

Investiga sobre diferentes situaciones cotidianas en las que el manganeso esté presente, indicando estado de oxidación en cada caso y explicando el papel que desempeña.



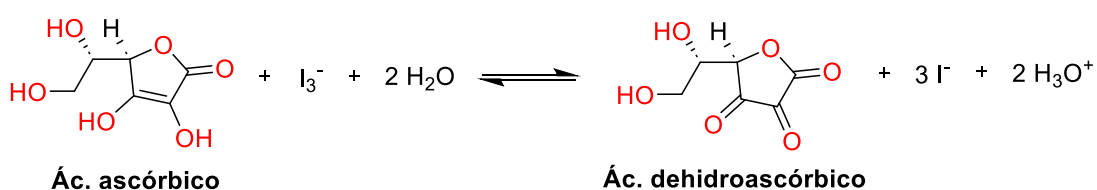
Figura 4. Guion de laboratorio de la sesión I: Estados de oxidación del manganeso (Fuente: elaboración propia).

5.3.2. Sesión II. Determinación de vitamina C en un complejo vitamínico.

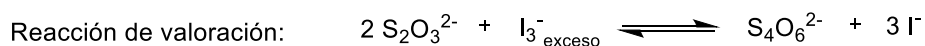
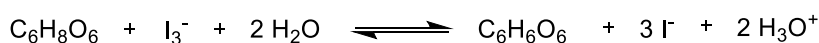
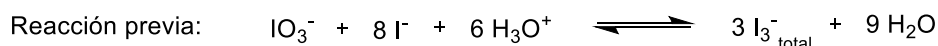
Las volumetrías redox son un método analítico que permite determinar la concentración de una disolución determinada a partir de su reacción redox con una disolución de concentración conocida. En esta segunda sesión, los alumnos realizarán un experimento de laboratorio en parejas, que va a consistir en llevar a cabo la determinación del contenido en vitamina C en un complejo vitamínico mediante yodometría.

El objetivo de este experimento es resolver las posibles dudas conceptuales sobre el método analítico de la volumetría redox y contextualizar el concepto teórico aprendido en clase. Con ello, se espera que los discentes encuentren el método más interesante y tangible al obtener resultados, y puedan desarrollar ellos mismos este experimento a través del manejo de materiales y reactivos de laboratorio comúnmente empleados en su realización. Además, se volverá a trabajar sobre el concepto del número de oxidación, y el método del ion-electrón, empleado para ajustar este tipo de procesos químicos.

Para comenzar la actividad, se explicará a los alumnos en que consiste una volumetría redox, así como la reacciones que tienen lugar en ella. La yodometría es un tipo de volumetría redox que emplea yodo como agente reactivo en la reacción redox, con la finalidad de determinar la concentración de sustancias específicas en una muestra. El agente valorante utilizado es un agente reductor, normalmente una disolución de tiosulfato de sodio, el cual, al reaccionar con triyoduro, da lugar a la formación de yoduro de acuerdo con la siguiente reacción:



Determinación del contenido en Vitamina C



Una vez explicado el método analítico, se procederá a indicar a los alumnos el procedimiento experimental que deben seguir, y los materiales y reactivos necesarios, resolviendo cualquier duda que les pueda surgir. Esta información se proporcionará a los alumnos de forma escrita mediante un guion de laboratorio (ver figura 5)

Tras llevar a cabo el experimento, como actividad final, se pedirá a los alumnos que resuelvan una serie de cuestiones relacionadas con la práctica de laboratorio, similares a las siguientes:

- ¿Qué reacción química tiene lugar durante la titulación?
- Sí en una yodometría se emplean 17 mL de agente valorante, y en otra se emplean 25 mL para la misma concentración de muestra, ¿a qué factor puede atribuirse la diferencia en el volumen utilizado en cada volumetría?
- ¿Cómo se pueden interpretar los resultados obtenidos en relación con la concentración en vitamina c de los complejos indicada por el comerciante?
- ¿Qué otras aplicaciones prácticas tiene este método analítico?

De manera opcional, aquellos alumnos que lo deseen podrán elaborar un informe de laboratorio, lo cual les permitirá subir la calificación final de la materia. Este informe de laboratorio deberá constar de diferentes apartados: objetivo, fundamentación teórica, materiales y reactivos, procedimiento experimental, resultados, análisis y discusión de resultados, conclusión, cuestiones propuestas, bibliografía; y deberá tener una extensión máxima de 5 hojas.

Observación: Esta práctica de laboratorio cuenta con un paso adicional en el procedimiento experimental, que consiste en la normalización de la disolución de tiosulfato de sodio 0.1 M, dado que este no es un patrón primario. Sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo y a la complejidad de este concepto, este paso será realizado previamente por el docente, quien proporcionará a los alumnos la concentración exacta de la disolución del agente valorante, en este caso, el tiosulfato de sodio.



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN VITAMINA C EN UN COMPLEJO VITAMÍNICO MEDIANTE YODOMETRÍA

Materiales y reactivos:

- Complejo vitamínico
- Espátula cuchara plana
- Aspirador manual
- Embudo cónico
- Vaso de precipitados
- Matraces aforados
- Matraces Erlenmeyer
- Pipetas aforadas
- Bureta
- Balanza de laboratorio
- Disolución acuosa de tiosulfato de sodio 0.1 M
- Disolución acuosa de yodato potásico 3.555 g/L
- Disolución acuosa de yoduro de potasio 80 g/L
- Ácido clorhídrico concentrado
- Muestra de vitamina C
- Indicador de almidón

Procedimiento experimental:

Colocar la disolución de agente valorante (tiosulfato de sodio) de concentración conocida en la bureta. Añadir sobre un vaso de precipitado la cantidad necesaria de complejo vitamínico en gramos, y un volumen determinado de las disoluciones de KI 80 g/L, KIO_3 y H_2SO_4 0.3 M. Una vez disuelta, transferir el contenido del vaso de precipitados a un matraz aforado, enrasando con agua y agitando la disolución varias veces para homogeneizar. Tomar un alícuota de la disolución y transferirlas a un matraz Erlenmeyer. Llevar a cabo la valoración del triyoduro en exceso formado en la reacción anterior. Para ello, añadir la disolución de agente valorante gota a gota sobre el matraz Erlenmeyer del paso anterior hasta que la disolución se torne de un color débilmente amarillo. En este momento, añadir dos gotas de almidón y continuar con la valoración hasta desaparición completa del color azul. **Importante:** controlar la llave de la bureta con fluidez, especialmente al acercarse al punto final de la valoración. Anotar el volumen de agente valorante gastado en la valoración. Repetir de nuevo el procedimiento dos veces más.

Figura 5. Guion de laboratorio de la Sesión II: Determinación del contenido en Vitamina C en un complejo vitamínico mediante yodometría (Fuente: elaboración propia).

5.3.3. Sesión III. El lápiz como electrodo.

Un concepto dentro de la unidad de *Reacciones Redox* que generalmente resulta de menor dificultad para los discentes es el de celda electrolítica. Sin embargo, la explicación de este concepto suele limitarse a una explicación teórica de los componentes de esta celda, su función y algún otro aspecto relacionado con su fuerza electromotriz (*fem*) y la espontaneidad de la reacción que tiene lugar.

El objetivo de esta práctica es explicar el concepto de celda electrolítica a través de un experimento de laboratorio que emplea lápices como electrodos, rompiendo así con la monotonía de las clases magistrales, la falta de contexto y la baja motivación de los discentes. Este experimento es de dificultad limitada y su desarrollo es muy sencillo.

A diferencia de las demás sesiones, este experimento será realizado por el docente en el aula, debido de nuevo a las limitaciones temporales. La actividad comenzará con la exposición del material de laboratorio y los reactivos necesarios para llevar a cabo el experimento. Seguidamente, se procederá a la preparación de las disoluciones necesarias y al montaje de la celda. Una vez montado el sistema (ver figura 6.B), se realizarán las siguientes observaciones y mediciones:

A) Medición del potencial de la celda en ausencia de una fuente externa

Las celdas electrolíticas son dispositivos que tienen como finalidad el uso de la energía eléctrica para impulsar una reacción química no espontánea. Por esta razón, si medimos con ayuda de un voltímetro el potencial que circula a través del circuito externo de la celda, como consecuencia de los electrones generados en el ánodo, cuyo movimiento se produce desde el ánodo hacia el cátodo, se obtendrá un valor de 0 V. Por lo tanto, la primera medición consistirá en medir el potencial o la *fem* de la celda, comprobando lo anterior.

B) Conexión de la celda a una fuente de energía externa y observación de la reacción resultante

A continuación, se conectará una fuente de energía externa al circuito, en concreto, una pila de 4.5 V, y se observará que ocurre. Se explicarán los procesos que tienen lugar en cada electrodo, así como la reacción asociada.

C) Ensayos adicionales

Por último, aprovechando esta reacción electrolítica y los productos obtenidos de ella, se realizarán dos experimentos adicionales:

- En primer lugar, en un tubo de ensayo se añadirá 1 mL de la disolución de los productos de reacción y se adicionarán unas gotas de almidón. Como resultado, se observará que la disolución se torna de color azul oscuro. Se estudiará la causa de este cambio de color.
- En otro tubo de ensayo, se añadirá 1 mL de la disolución de los productos de reacción, y se adicionarán lentamente sobre ella una disolución acuosa 1.0 M de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Se observará un cambio de color, y se estudiará el proceso y la reacción asociada.

Con el objetivo de facilitar el seguimiento de la práctica por parte de los alumnos y el posterior estudio de este tipo de dispositivos electrolíticos, el docente proporcionará a estos un guion de laboratorio que constará del material y reactivos necesarios para la elaboración del experimento, junto con el procedimiento experimental explicado detalladamente mediante imágenes (ver Figura 6.A, 6.B, 6.C y 6.D).

EL LÁPIZ COMO ELECTRODO

Objetivo:

El objetivo de este experimento es explicar el concepto de celda electrolítica, así como, los componentes que la caracterizan y su finalidad. A través de este experimento, también se estudiarán los diferentes procesos redox que tienen lugar durante su desarrollo y las reacciones asociadas.

Materiales y reactivos:

- Varilla de vidrio
- Vaso de precipitados 100 mL
- Vaso de precipitados 250 mL
- Tubo en U
- Dos electrodos de grafito (dos lápices de escritura con punta por ambos lados)
- Pila 4.5 V
- Voltímetro
- 2 tubos de ensayo
- Tubo graduado
- Cuentagotas
- Disolución acuosa de KI 1.0 M
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- Fenolftaleína
- Almidón soluble

Figura 6.A. Guion de laboratorio de la sesión III: El Lápiz como electrodo (Fuente: elaboración propia).



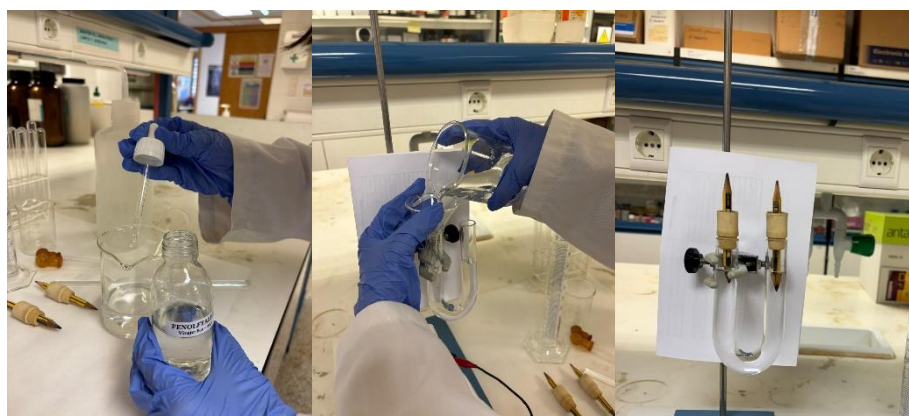
EL LÁPIZ COMO ELECTRODO

Procedimiento experimental

1. Preparación de 100 mL de una disolución acuosa 1.0 M de KI.



2. Montaje de la celda.



Observaciones y mediciones

A. Medición del potencial de la celda en ausencia de una fuente externa.



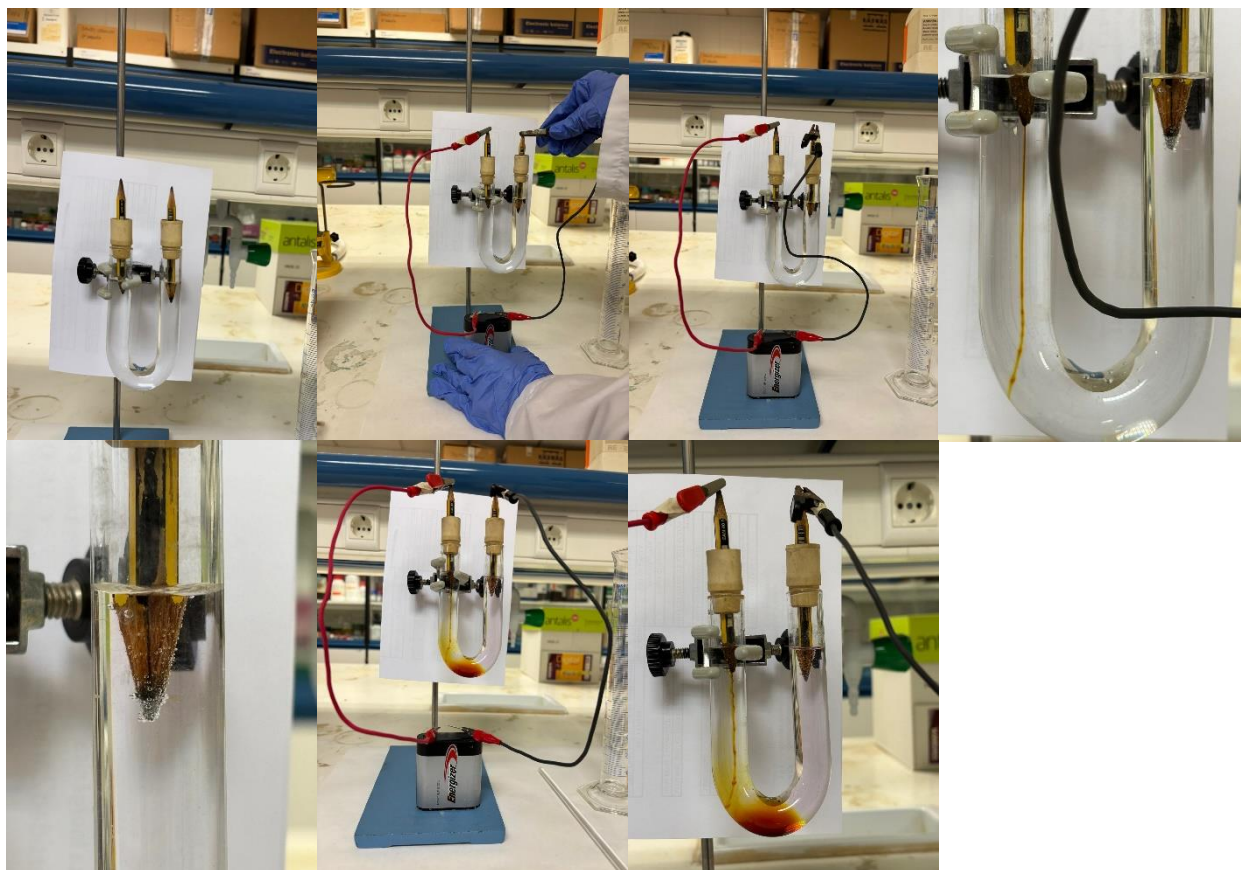
Figura 6.B. Guion de laboratorio de la sesión III: El Lápiz como electrodo (Fuente: elaboración propia).



EL LÁPIZ COMO ELECTRODO

Observaciones y mediciones

B. Conexión de la celda a una fuente de energía externa y observación de la reacción resultante.



Recogida de la disolución de los productos de reacción



Figura 6.C. Guion de laboratorio de la sesión III: El Lápiz como electrodo (Fuente: elaboración propia).



EL LÁPIZ COMO ELECTRODO

Procedimiento experimental

C. Ensayos adicionales.

Ensayo 1:



Ensayo 2:

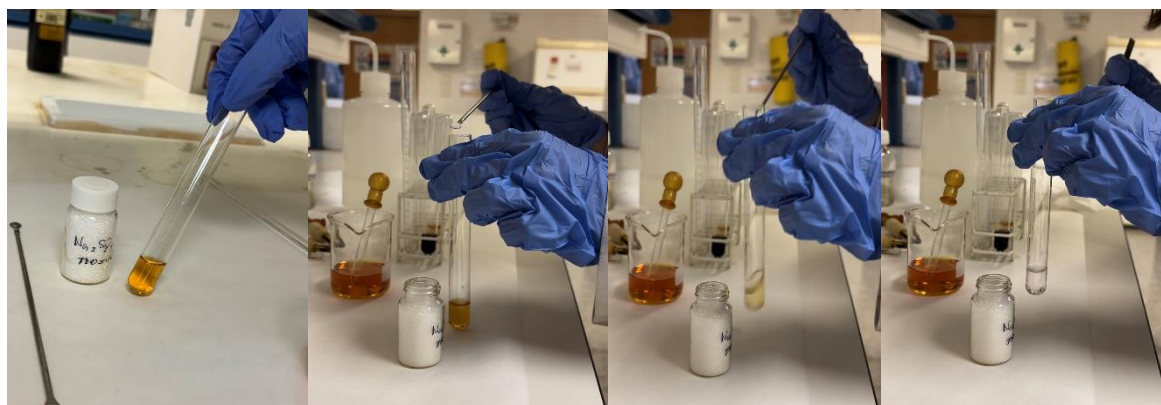


Figura 6.D. Guion de laboratorio de la sesión III: El Lápiz como electrodo (Fuente: elaboración propia).



Esta sesión de laboratorio permitirá facilitar la comprensión de los conceptos teóricos asociados a las celdas electrolíticas a través de la conexión con actividades prácticas contextualizadas, promovándose así un aprendizaje significativo, y un aumento de la motivación e interés de los discentes hacia el estudio de los procesos redox.

5.3.4. Sesión IV. El hidrógeno verde: Proceso de obtención, ventajas e inconvenientes de esta emergente energía renovable.

Un tema de gran interés a nivel social y medioambiental, y que está adquiriendo una relevancia cada vez mayor en el ámbito educativo, es el de las energías renovables y la sostenibilidad. Un campo emergente y estrechamente relacionado con estos puntos es la energía proveniente del Hidrógeno. Es por ello, que en esta sesión se introducirán a los alumnos en este tema, con varios objetivos que se expondrán más adelante.

En esta sesión de la propuesta, y aprovechando la explicación previa de los conceptos teóricos relacionados con la electrólisis del agua, los alumnos deberán realizar una investigación sobre el Hidrógeno verde. Esta tarea consistirá en un trabajo colaborativo donde los alumnos, mediante grupos de cuatro, investigarán diferentes aspectos relacionados con el tema principal, como los diferentes tipos de hidrógeno y su clasificación, el proceso de obtención del Hidrógeno verde, y las ventajas e inconvenientes de esta alternativa energética.

Para comenzar, se proporcionará a los alumnos un breve párrafo introductorio, elaborado por el docente, sobre el tema a tratar, el cual se detalla a continuación:

“En los últimos años, la elevada demanda energética, por parte del ser humano, a la que el planeta se ha sometido, es la principal causante de los graves problemas medioambientales a los que nos enfrentamos. Las principales fuentes de energía que abastecen esta demanda suelen provenir de la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo. Sin embargo, a lo largo de los años, los numerosos avances tecnológicos y la aparición de nuevas fuentes de energía renovables han permitido que su empleo disminuya.

En los últimos años, el hidrógeno se ha presentado como una alternativa a todas las energías no renovables, debido su capacidad para generar energía limpia con mínima emisión de gases de efecto invernadero y su alta capacidad energética (Muradov & Veziroğlu, 2008). Hasta el momento, se conocen tres fuentes diferentes de generación de hidrógeno: los combustibles fósiles, el agua y la biomasa (Coughlin & Farooque, 1979). La producción de hidrógeno a partir de agua no genera emisiones no deseadas, pero necesita de una fuente de energía externa para generarla (Wang et al., 2010). Es por ello, que este sector ha generado un gran interés en el campo de la investigación, con el

objetivo de reemplazar los combustibles clásicos por fuentes de energía renovables, obtenidas a través de la energía solar y el agua.” (Fuente: elaboración propia).

A continuación, el docente explicará en qué consistirá la actividad, detallando los pasos a seguir, y formará los grupos de trabajo. Después de que se hayan formado los equipos y se hayan resuelto las posibles dudas, dará comienzo la actividad. Esta, comenzará con la búsqueda de información por parte de los estudiantes, seguida de la organización y elaboración de un poster de divulgación científica. Al finalizar, cada grupo deberá realizar una pequeña exposición, de una duración de 5 min aproximadamente., de su poster en el aula. Todos los posters resultantes de esta actividad serán exhibidos en el centro educativo como instrumento de divulgación científica. Por último, se promoverá un debate en clase sobre las ventajas y desventajas de este recurso energético emergente, así como su impacto en la vida cotidiana y en las sociedades futuras, en comparación con las fuentes de energía tradicionales como el petróleo. Para realizarlo, se dividirá la clase en dos grupos y se llevará a cabo durante el transcurso de una hora de clase. Este ejercicio facilitará el aprendizaje de conceptos relacionados con las reacciones de oxidación-reducción y el proceso de electrólisis del agua. Además, como objetivo principal de esta sesión, se concienciará a los alumnos sobre la importancia de las energías renovables emergentes y su necesidad para avanzar hacia la sostenibilidad y el bienestar de las generaciones próximas.

En cuanto al papel del docente, este será únicamente de guía para los estudiantes, adoptando un rol pasivo.

5.4. Evaluación

El proceso de evaluación se concibe desde el punto de vista educativo como un proceso fundamental. Por un lado, permite controlar y conocer todo lo relacionado con el aprendizaje del alumno, y por otro, proporciona al docente información relevante acerca de su práctica educativa y las posibles mejoras para su mejor adaptación al alumnado.

Según lo establecido en el Real Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece el contenido curricular de Castilla y León, el proceso de evaluación debe ser continuo, diferenciado y formativo. En relación con este y a los instrumentos empleados para llevar a cabo el proceso de evaluación, cabe destacar la sinergia de los criterios de

evaluación, las técnicas e instrumentos empleados, el momento en que se realiza y quien lo realiza, normalmente el docente.

En esta propuesta educativa la evaluación se llevará a cabo a lo largo del desarrollo de toda la unidad didáctica, atendiendo a los criterios de evaluación establecidos.

La evaluación de la actividad realizada en la primera sesión se llevará a cabo mediante una guía de observación (ver ANEXO I), donde se registrará y analizará mediante observación directa el comportamiento de los alumnos durante la sesión, y una escala de actitudes (ver ANEXO I), donde se evaluará el trabajo, tanto en el laboratorio como en el pequeño trabajo de investigación individual realizado. Además, se considerarán numerosos aspectos como su capacidad para trabajar en equipo, el manejo de los materiales de laboratorio de forma correcta y segura, o la relevancia de la información recopilada, entre otros.

Por otro lado, la evaluación de la segunda sesión de contextualización se realizará a través de una guía de observación (ver ANEXO II), donde se registrará y analizará el comportamiento de los alumnos durante la sesión práctica mediante observación directa. Además, se evaluarán las respuestas dadas a las cuestiones planteadas como actividad final, así como los cálculos y resultados obtenidos de la práctica. En el caso de aquellos alumnos que elaboren el informe de laboratorio voluntario, el docente se valdrá de una rúbrica (ver ANEXO II) para evaluarlo.

Para la sesión III: “El lápiz como electrodo”, se pedirá a los alumnos que realicen un vídeo explicativo de dos minutos de duración en el que expliquen el experimento realizado. Este video debe detallar el objetivo principal de la práctica, los materiales y reactivos empleados, el procedimiento experimental y las reacciones que tienen lugar en cada caso. Además, deberán hacer un pequeño análisis de los datos recogidos y elaborar conclusiones correspondientes.

El vídeo explicativo puede ser de diversas formas, tales como una presentación en PowerPoint donde el alumno hable sobre todos los puntos requeridos, con narración de fondo o con el alumno apareciendo en el propio vídeo. De manera alternativa, los alumnos también pueden replicar el experimento en el vídeo, utilizando el laboratorio del centro fuera del horario escolar.

Para la evaluación del vídeo, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos: el contenido, la claridad y fluidez durante la presentación de dichos contenidos, el empleo de recursos multimedia, la duración del vídeo, y otros aspectos como el tono de voz del discente durante el desarrollo del vídeo o la creatividad en su desarrollo.

Por último, la evaluación de la cuarta sesión se realizará en función de la tarea de investigación elaborado por cada grupo. El docente utilizará en una rúbrica (ver ANEXO III) para evaluar el poster de divulgación científica. Además, en esta actividad también se evaluará la participación de los alumnos y la defensa de sus ideas durante el debate realizado en el aula, mediante una guía de observación (ver ANEXO III). La calificación se dividirá de la siguiente forma:

- Póster de divulgación científica: 70%
- Participación en el debate: 30%

La contribución de estas actividades a la calificación final de la unidad didáctica será de dos puntos y medio. La evaluación de las actividades correspondientes a las sesiones I, II y III permitirá a los alumnos optar a un punto y medio extra en la nota final obtenida, siendo el otro punto restante el correspondiente de la sesión IV. La prueba escrita correspondiente a la unidad didáctica de *Reacciones Redox* tendrá un valor del 75 % en la nota final (ver Tabla 2)

Tabla 2. Distribución de la calificación final de la Unidad Didáctica por actividades.

Actividades Evaluadas	Contribución a la Nota Final (%)
Sesiones I, II Y III	15 %
Sesiones IV	10%
Prueba escrita de la Unidad Didáctica: <i>Reacciones Redox</i>	75 %
Total	100 %

De igual modo, y con el fin de evaluar al docente y diversos aspectos de la propuesta educativa planteada en este trabajo de fin de máster, se realizará un cuestionario a los alumnos a través de la plataforma de Google Forms (ver ANEXO IV). En este cuestionario, los discentes expondrán su opinión y percepción sobre las actividades realizadas durante las sesiones, respondiendo a preguntas relacionadas con el nivel de comprensión de los conceptos teóricos de la Química de las *Reacciones Redox* tras su

contextualización, así como su interés en dichas actividades y si las recomendarían a futuros alumnos. Además, se busca que los estudiantes evalúen si estas actividades han mejorado su percepción de la Química, animando a los docentes a continuar con la impartición de dicha propuesta en el aula.

5.5. Atención a la diversidad

En las aulas un aspecto muy importante para tener en cuenta es la diversidad de alumnado. En este trabajo de fin de máster, las situaciones de aprendizaje propuestas, junto con las metodologías de enseñanza-aprendizaje empleadas, permiten adaptar cada sesión a los diferentes tipos de alumnos y a sus necesidades.

En el caso de aquellos alumnos con déficit de atención e hiperactividad (TDAH), la realización de actividades de laboratorio fuera de la metodología tradicional habitual permite mantener la motivación de estos alumnos y su atención en clase. Además, para la formación de parejas y grupos de trabajo en la sesión IV, se permitirá a los alumnos que elijan a sus compañeros de trabajo, favoreciendo un entorno de confianza y comodidad.

Para los alumnos que presenten limitaciones motrices, las situaciones de aprendizaje propuestas pueden presentar ciertas limitaciones. Sin embargo, se buscarán alternativas como laboratorios virtuales o videos explicativos, permitiendo así la realización del experimento sin necesidad de manipulación directa de material y reactivos.

Por último, en relación con las diferentes capacidades intelectuales presentes en el aula, las sesiones prácticas pueden adaptarse a diferentes niveles intelectuales, profundizando en mayor o menor medida en aquellos conceptos no imprescindibles para el desarrollo del experimento. Además, para aquellos alumnos con mayores dificultades, se facilitará la búsqueda de información en la sesión IV proporcionándoles alguna referencia de artículos relacionados con la temática a tratar.

6. Conclusiones

La propuesta educativa presentada en este trabajo para ser implementada en la clase de Química de segundo de Bachillerato, se integra de manera óptima en el desarrollo de la unidad didáctica de las Reacciones Redox, aportando una nueva estrategia de aprendizaje con un enfoque experimental. Este enfoque educativo sirve como complemento a las clases magistrales tradicionales, en las que se enseñan conceptos teóricos abstractos que carecen de contextualización.

En cuanto a las fortalezas de la propuesta presentada, se considera que las situaciones de aprendizaje elaboradas permiten alcanzar los objetivos marcados en la misma, aumentando la motivación e interés de los discentes y mejorando la comprensión de los conceptos teóricos, así como la percepción de los discentes sobre la materia de Química. Asimismo, se fomentará el desarrollo de habilidades y competencias en los ámbitos social y tecnológico. Además, permitirá a los alumnos ver la aplicabilidad de la Química aprendida en el aula a situaciones reales de su vida cotidiana. El trabajo colaborativo de la sesión IV, enfocado a las nuevas energías renovables, permitirá educar en un contexto que pone de manifiesto aspectos importantes como la sostenibilidad y el desafío al que se enfrentarán la ciencia, el campo de la investigación y las sociedades futuras en aspectos medioambientales y energéticos.

Como perspectivas para la continuación de este trabajo, se plantea su implementación en las aulas de segundo de Bachillerato, junto con la evaluación su impacto en el alumnado. Esta propuesta pretende cambiar el enfoque desmotivador de las metodologías tradicionales empleadas durante las clases de Química de segundo de bachillerato y lidiar con el estrés que provoca en los alumnos la prueba de acceso a la universidad, logrando un aprendizaje significativo a través de enfoques pedagógicos estimulantes y experimentales.

7. Bibliografía

- Adu-Gyamfi, K., Ampiah, J. G., & Agyei, D. D. (2018). *Teachers' problems of teaching of oxidation-reduction reactions in high schools*. European Journal of Education Studies, 5(5).
- Amineh, R. J., & Asl, H. D. (2015). *Review of constructivism and social constructivism*. Journal of social sciences, literature and languages, 1(1), 9-16.
- Bada, S. O., & Olusegun, S. (2015). *Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning*. Journal of Research & Method in Education, 5(6), 66-70.
- Boletín Oficial del Estado (B.O.E.). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Bruner, J. S. (1961). *The act of discovery*. Harvard educational review, 31, 21-32.
- Caamaño, A., Corominas, J., Segura, M., & Ventura, T. (2005). *Química Cotidiana: un proyecto para la enseñanza de una Química contextualizada en la Educación Secundaria Obligatoria*. Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos, 53.
- Calero, M., Mayoral, O., Ull, Á., & Vilches, A. (2019). *La educación para la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias experimentales en Secundaria*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 37(1), 157-75.
- Cepal, N. U. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Objetivos, metas e indicadores mundiales.
- Coughlin, R. W., & Farooque, M. (1979). *Hydrogen production from coal, water and electrons*. Nature, 279(5711), 301–303.
- Espinoza-Freire, E. E. (2022). *Aprendizaje por descubrimiento Vs aprendizaje tradicional*. Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos, 2(1), 73-81.
- Fernández, M.A., & Gutiérrez, J.M. (2014). *La educación hacia la sostenibilidad en la CAPV. Contribución de la educación ambiental a la difusión de la cultura de la sostenibilidad*. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia.
- Lacolla, L. (2024). *Enseñanza de las Ciencias en contexto: reflexiones y ejemplos de*

- Enseñanza de Química con enfoque Química-Tecnología-Sociedad (QTS).* Educación Química, 35(1), 135-147.
- López Pérez, G. (2011). *Empleo de metodologías activas de enseñanza para el aprendizaje de la química.* Revista de Enseñanza Universitaria, 37, 13-22.
- Massaferro, A. (2018). *Importancia de las reacciones redox en la enseñanza de la química.* Revista electrónica Enseñanza de la Química.
- Meroni, G., Copello, M. I., & Paredes, J. (2015). *Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria.* Educación química, 26(4), 275-280.
- Montoya, N. M. (2013). El aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia didáctica. Revista Academia y Virtualidad, 6(1), 53-61.
- Muradov, N. Z., & Veziroğlu, T. N. (2008). “Green” path from fossil-based to hydrogen economy: An overview of carbon-neutral technologies. International Journal of Hydrogen Energy, 33(23), 6804–6839.
- Rodríguez, J. M. R., & de Tuero Bonán, J. A. N. (2011). *Aprendiendo química con golosinas.* Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8, 476-486.
- Santos, M. J., Prieto, C., & Merchán, M. D. (2018). *Innovación en la enseñanza de física y química: aprender haciendo.* Innovar en las aulas: modelos y experiencias de innovación educativa en el Máster de Profesorado de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idioma (pp. 37-50). Ediciones Universidad de Salamanca.
- Santos-Ellakuria, I. (2019). *Fundamentos para el aprendizaje significativo de la biodiversidad basados en el constructivismo y las metodologías activas.* Revista de innovación y buenas prácticas docentes, 8(2), 90-101.
- Seery, M. (2015). *Putting chemistry in context.* Royal society of chemistry: Education in Chemistry.
- Sristy, S. I. H., Muteti, C. Z., Vasquez, Y., & Mutambuki, J. M. (2023). *Integrating Real-World Contexts and Application Cards Activities in the General Chemistry I Course Increases Students’ Achievement Scores and Perceptions of Chemistry Relevance.* Journal of Chemical Education, 100(12), 4608-4618.

- Tomás, M. P., & Menoyo, M. Á. M. (2020). *El marco curricular de la Educación Secundaria Obligatoria: Posibilidades para la formación de competencias en sostenibilidad*. Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo (RICD), 3(13), 90-109.
- Vaino, K.; Holbrook, J. & Rannikmäe, M. *Stimulating students' intrinsic motivation for learning chemistry through the use of context-based learning modules*. Chem. Educ. Res. Prac. 2012, 13, 41–419.
- Vargas, K., Yana, M., Perez, K., Chura, W., & Alanoca, R. (2020). *Aprendizaje colaborativo: una estrategia que humaniza la educación*. Revista Innova Educación, 2(2), 363-379.
- Vidal Fernández, M. C., & Peña Tresancos, J. (2023). Química 2º Bachillerato. Libro del estudiante. GENiOX PRO. Oxford University Press España, S.A.
- Vilches, A., & Gil, D. (2012). *La educación para la sostenibilidad en la universidad: el reto de la formación del profesorado*. Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 16(2), 26-43.
- Viniegra, N. L. M., & Melo, A. C. (2002). *Problem based learning*. Revista de la Facultad de Medicina UNAM, 45(4), 185-186.
- Wang, Y., Li, H., He, P., & Zhou, H. (2010). *Controllable Hydrogen Generation from Water*. ChemSusChem, 3(5), 571–574.
- Webster, G. H. (2023). *Incorporating Real-World Context in Chemistry Courses: A Way to Facilitate Meaningful Learning*. In Engaging Chemistry Students with Real-World Context: Volume 1 (pp. 1-5). American Chemical Society.

Recursos Web

- Elaboración de los Esquemas de reacción.
<https://www.perkinelmer.com/category/chemdraw> y <https://www.acdlabs.com>
- Elaboración de las figuras. <https://www.canva.com/> y <https://chemix.org/>

8. Anexos

ANEXO I. Estados de oxidación del manganeso

GUÍA DE OBSERVACIÓN (lista de control)

	SI	NO
Asiste puntualmente a la sesión de prácticas		
Trae el material y el guion necesarios para el desarrollo del experimento		
Sigue las indicaciones del docente		
Maneja adecuadamente el material y los reactivos de laboratorio		
Mantiene el área de trabajo limpia y ordenada		
Sigue el procedimiento experimental indicado en el guion		
Muestra interés en el desarrollo de la práctica		
Se muestra participativo durante la sesión		
Realiza comentarios o aportaciones		
Se expresa oralmente de forma correcta empleando vocabulario técnico		
Discute o argumenta las aportaciones realizadas por los compañeros		

ESCALA DE ACTITUDES

	1	2	3	4	5
Comprensión del experimento					
Comprensión del concepto de número de oxidación y determinación					
Trabajo responsable en su parte de la tarea					
Registro de los fenómenos observados en su cuaderno					
Ayuda y colaboración con el resto de los compañeros					
Formulación de preguntas coherentes y de diversa complejidad					
Extracción de conclusiones sobre los resultados obtenidos y establecimiento de relaciones					
Realización de un trabajo de investigación completo, justificado y estructurado					
Se expresa adecuadamente de forma escrita					

ANEXO II. Determinación de vitamina c en un complejo vitamínico

GUÍA DE OBSERVACIÓN (lista de control)

	SI	NO
Asiste puntualmente a la sesión de prácticas		
Trae el material y el guion necesarios para el desarrollo del experimento		
Sigue las indicaciones del docente		
Maneja adecuadamente el material y los reactivos de laboratorio		
Mantiene el área de trabajo limpia y ordenada		
Sigue el procedimiento experimental indicado en el guion		
Muestra interés en el desarrollo de la práctica		
Se muestra participativo durante la sesión		
Realiza comentarios o aportaciones		
Se expresa oralmente de forma correcta empleando vocabulario técnico		
Discute o argumenta las aportaciones realizadas por los compañeros		

RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL INFORME DE LABORATORIO

Criterio de evaluación	Insuficiente (0-2)	Suspense (3-4)	Satisfactorio (5-6)	Bien (7-8)	Excelente (9-10)
Objetivos 10 %	No hay objetivos.	Los objetivos de la práctica no están claros ni bien redactados, y son escasos.	Los objetivos de la práctica son aceptables y están bien redactados.	Los objetivos de la práctica son claros y están bien redactados, pero poco definidos.	Los objetivos de la práctica son claros, están bien definidos y redactados.
Fundamento teórico y Bibliografía 20 %	Carece de explicación y fundamento teórico de los conceptos Químicos trabajados en el experimento. Búsqueda de información nula.	Explicación escasa y nada fundamentada de los conceptos Químicos trabajados durante el experimento. Búsqueda pobre de información, uso de fuentes no fiables.	Explicación aceptable y poco fundamentada de la mayoría de los conceptos Químicos trabajados durante el experimento. Búsqueda aceptable de información, uso de fuentes fiables.	Buena explicación y bien fundamentada de la mayoría de los conceptos Químicos trabajados durante el experimento. Búsqueda detallada de información, utilizando una variedad de fuentes fiables	Explicación amplia y bien fundamentada de todos los conceptos Químicos trabajados durante el experimento. Búsqueda exhaustiva de información, utilizando una amplia variedad de fuentes fiables.
Procedimiento experimental 20 %	No incluye explicación del procedimiento experimental seguido en el desarrollo de la práctica.	Explicación escasa de los pasos seguidos durante el desarrollo experimental de la práctica, no incluyendo capacidades de los materiales empleados, cantidades de los reactivos ni condiciones de reacción (T, pH, presión, concentración).	Explicación aceptable de los pasos seguidos durante el desarrollo experimental de la práctica, incluyendo algunas de las capacidades de los materiales empleados y las cantidades de los reactivos; no incluye condiciones de reacción (T, pH, presión, concentración).	Explicación detallada y poco ordenada de los pasos seguidos durante el desarrollo experimental de la práctica, incluyendo la capacidad de los materiales y las cantidades de los reactivos empleados, así como, las condiciones (T, pH, presión, concentración) a las que se realiza el experimento	Explicación detallada y ordenada de todos los pasos seguidos durante el desarrollo experimental de la práctica, incluyendo la capacidad de los materiales y las cantidades de los reactivos empleados, así como, las condiciones (T, pH, presión, concentración) a las que se realiza el experimento.
Análisis y discusión de resultados 30 %	No analiza ni recoge en el cuaderno ningún dato relacionado con el desarrollo del experimento.	Analiza y recoge en el cuaderno de laboratorio algunos resultados obtenidos, pero ningún fenómeno observado durante el desarrollo de la práctica. No explica los resultados obtenidos.	Analiza y recoge en el cuaderno de laboratorio los resultados imprescindibles y algún fenómeno observado durante el desarrollo de la práctica. Explicación aceptable y poco detallada de los resultados obtenidos desde el punto de vista químico.	Analiza y recoge en el cuaderno de laboratorio la mayoría de los resultados y fenómenos observados durante el desarrollo de la práctica. Explicación detallada pero algo confusa de los resultados obtenidos desde el punto de vista químico.	Analiza y recoge en el cuaderno de laboratorio todos los resultados y fenómenos observados durante el desarrollo de la práctica. Explicación detallada y fundamentada de los resultados obtenidos desde el punto de vista químico.
Cuestiones adicionales 20 %	No responde a ninguna de las cuestiones propuestas.	Responde a alguna de las cuestiones de forma correcta y no detallada, no siguiendo ningún orden.	Responde a las cuestiones de forma correcta, pero sin orden y de forma poco detallada.	Responde a la mayoría de las cuestiones de forma correcta y organizada, pero poco detallada.	Responde a todas las cuestiones de forma correcta, organizada y detallada.

ANEXO III. El hidrógeno verde: proceso de obtención, ventajas e inconvenientes de esta emergente energía renovable

GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EVALUAR EL DEBATE

	SI	NO
Asiste puntualmente a la sesión		
Trae material/ guion adicional en el que apoyarse		
Respetar las reglas y sigue las indicaciones del docente		
Emplea un lenguaje no verbal adecuado		
Emplea un lenguaje verbal adecuado		
Defiende sus ideas y argumentos con información de diversas fuentes		
Existe coherencia entre las pruebas presentadas y los argumentos expuestos		
Formula preguntas y elabora respuestas de manera clara y concisa		
Expone y evidencia las debilidades del otro equipo en sus argumentaciones		
El individuo se muestra cohesionado con el equipo		

RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL PÓSTER

Criterio de evaluación	Insuficiente (0-2)	Suspenso (3-4)	Satisfactorio (5-6)	Bien (7-8)	Excelente (9-10)
Comprensión del Tema 10 %	No demuestra comprensión del tema de interés.	Demuestra una comprensión limitada del tema investigado, omitiendo aspectos relevantes.	Demuestra una comprensión general del tema investigado, sin entrar mucho en detalles.	Demuestra una comprensión adecuada, pero omite algunos detalles.	Demuestra una comprensión profunda y detallada del tema investigado.
Marco teórico e investigación 40 %	Apenas existe contenido o carece de rigor y fundamento.	El contenido del trabajo es limitado, poco riguroso y fundamentado.	El contenido del trabajo es aceptable, pero carece de fundamento y rigor en bastantes ocasiones.	El contenido del trabajo es amplio y riguroso, pero en algunas ocasiones carece está bien fundamentado.	El contenido del trabajo es muy amplio, riguroso y está bien fundamentado.
Conclusión 15 %	Apenas existen conclusiones o carecen de sentido.	Las conclusiones son escasas y poco claras.	Las conclusiones son simples y están bien redactadas.	Las conclusiones son claras y están bien redactadas, pero faltan algunos detalles.	Las conclusiones son claras, están bien redactadas y detalladas.
Bibliografía 10 %	Búsqueda nula de información.	Búsqueda pobre de información, utilizando fuentes no fiables.	Búsqueda aceptable de información, utilizando fuentes fiables.	Búsqueda detallada de información, utilizando una variedad de fuentes fiables y de relevancia científica.	Búsqueda exhaustiva de información, utilizando una amplia variedad de fuentes fiables y de relevancia científica.
Organización y claridad 5 %	El trabajo no presenta ninguna estructura. Carece de coherencia.	El trabajo se presenta estructurado, aunque carece de coherencia y claridad.	El trabajo se presenta de forma ordenada, pero su seguimiento se encuentra muy dificultado en ciertas partes.	El trabajo se presenta de forma ordenada, con una estructura clara y coherente, pero con alguna incongruencia.	El trabajo se presenta de forma muy ordenada, con una estructura coherente y clara, siendo fácil de seguir.
Expresión escrita 10 %	Uso muy pobre del lenguaje, lleno de errores ortográficos y expresiones inapropiadas.	Uso pobre del lenguaje con muchos errores ortográficos y haciendo uso del vocabulario científico de forma errónea.	Uso aceptable del lenguaje con varios errores ortográficos y empleando vocabulario técnico de forma confusa en alguna ocasión.	Buen uso del lenguaje, aunque con algún error ortográfico.	Excelente uso del lenguaje, sin errores ortográficos y empleando vocabulario técnico.
Trabajo colaborativo 10 %	Pésimo trabajo en equipo. Se abstiene de participar en todo lo relacionado con la elaboración del trabajo.	Trabajo en equipo malo. Baja participación y colaboración con sus compañeros.	Trabajo en equipo aceptable. Participación y colaboración satisfactorias.	Buen trabajo en equipo. Buena participación y colaboración con sus compañeros.	Excelente trabajo en equipo. Alta participación y colaboración con sus compañeros.

ANEXO IV. Encuesta de satisfacción

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfp5WrK9-qu8-cwIPbV2AHKhK-hysDOzEqEod1eQ5WzcHIC3w/viewform?usp=sf_link