



Universidad Internacional de La Rioja

Facultad de Educación

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

Las reacciones redox en 2º de Bachillerato a través de experiencias POE (Predecir-Observar-Explicar)

Trabajo fin de estudio presentado por:	Elena Iruin Amatriain
Tipo de trabajo:	Propuesta de intervención
Especialidad:	Física y Química
Director/a:	Marta García Maté
Fecha:	Enero 2022

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Estudios (TFE) plantea una propuesta de intervención para el contenido relacionado con las reacciones de oxidación-reducción y la electroquímica de la asignatura de química de 2º de Bachillerato. La propuesta busca elaborar actividades que permitan que el alumnado muestre un mayor interés por la asignatura, conozca las aplicaciones tanto industriales como de uso diario de los contenidos teóricos que se trabajan y tenga una mayor comprensión de los fenómenos descritos en la unidad didáctica objeto de estudio. Para ello, se hace uso de las experiencias interpretativas POE (Predecir-Observar-Explicar), las cuales requieren un papel activo del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que es el alumnado quien plantea y justifica una hipótesis (predecir), comprueba su hipótesis experimentalmente (observar) y justifica los resultados obtenidos (explicar). El trabajo consta, en primer lugar, de una revisión bibliográfica respecto a la problemática relacionada con el contenido a trabajar, además de recopilar experiencias previas descritas en la bibliografía en torno a estas actividades. En segundo lugar, se detalla la propuesta de intervención de la unidad didáctica, donde se detallan las actividades y los objetivos y competencias que se trabajarán, además de describir la evaluación de la unidad didáctica. Por último, se realiza una valoración de la propuesta de intervención y se detallan las conclusiones, limitaciones y posibles vías de desarrollo que pueden llevarse a cabo a raíz del trabajo realizado.

Palabras clave: Educación Secundaria, Física y Química, electroquímica, reacciones redox, experiencias POE.

Abstract

The present End of Studies Project suggests an intervention proposal for the content related to oxidation-reduction reactions and electrochemistry of the chemistry subject of 2nd year of Baccalaureate. The proposal seeks to develop activities for the student to show a greater interest in the subject, to know both the industrial applications and the daily use of the theoretical contents that are worked on and to have a greater understanding of the phenomena described in the didactic unit under study. For this, the interpretive POE (Predict-Observe-Explain) experiences are used, which require an active role of the student in the teaching-learning process, as it is the student who raises and justifies a hypothesis (predict), tests the hypothesis experimentally (observe) and rationalizes the results obtained (explain). The work consists, first of all, of a bibliographic review regarding the problems related to the content to be worked on, in addition to compiling previous experiences described in the bibliography regarding these activities. Secondly, the intervention proposal of the didactic unit is detailed, where the activities and the objectives and competencies to be worked on are described, in addition to the evaluation of the didactic unit. Finally, an assessment of the intervention proposal is carried out and the conclusions, limitations and possible ways of development that can be realized as a result of the work carried out are detailed.

Keywords: Secondary Education, Physics and Chemistry, electrochemistry, redox reactions, POE experiences.

Índice de contenidos

1. Introducción	8
1.1. Justificación.....	8
1.2. Planteamiento del problema	10
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo general	10
1.3.2. Objetivos específicos	10
2. Marco teórico.....	11
2.1. El aula moderna y el profesorado del siglo XXI	11
2.2. La enseñanza de la electroquímica en Bachillerato.....	12
2.2.1. Concepciones alternativas y dificultades de enseñanza-aprendizaje.....	13
2.2.2. Estrategias de aprendizaje.....	15
2.3. Experiencia Predecir-Observar-Explicar	15
2.3.1. Origen y desarrollo	15
2.3.2. Ventajas y aspectos a tener en cuenta.....	18
2.3.3. Ejemplos de experiencias POE descritas	19
3. Propuesta de intervención	22
3.1. Presentación de la propuesta	22
3.2. Contextualización de la propuesta	22
3.3. Intervención en el aula	23
3.3.1. Objetivos.....	23
3.3.2. Competencias	24
3.3.3. Contenidos.....	25
C1. Equilibrio redox.	26
C2. Ajuste redox por el método del ion-electrón. Estequiometría de las reacciones redox. ..	26

3.3.4. Metodología	27
3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades	27
3.3.6. Recursos.....	36
3.3.7. Evaluación.....	38
3.4. Evaluación de la propuesta.....	41
4. Conclusiones.....	42
5. Limitaciones y prospectiva	43
Referencias bibliográficas.....	45
Anexo A. Plantilla POE Actividad 2.	51
Anexo B. Plantilla POE Actividad 3.	52
Anexo C. Plantilla Actividad 4.....	53
Anexo D. Cuestionario al alumnado tras la intervención	54

Índice de figuras

Figura 1. Resultados en ciencias según los informes Pisa de los últimos años.	9
Figura 2. Fases para conseguir una clase comprensiva.	12
Figura 3. Esquema de las distintas actividades prácticas.	16
Figura 4. Fases de la experiencia POE.	17
Figura 5. Ejemplo de experiencia POE descrita por Treagust et al. (2014).	20
Figura 6. Diapositiva utilizada para introducir la unidad didáctica.	28
Figura 7. Infografía sobre el método ion-electrón.	30
Figura 8. Fotograma de un experimento sobre la espontaneidad de las reacciones redox.	32
Figura 9. Fotogramas de antes y después de limpiar plata a través de una reacción redox. ...	32
Figura 10. Vista microscópica de la simulación durante la Actividad 4.	34

Índice de tablas

Tabla 1. Dificultades de aprendizaje de las reacciones redox.....	13
Tabla 2. Objetivos de etapa a trabajar en la propuesta de intervención.....	23
Tabla 3. Objetivos didácticos de la propuesta de intervención.	24
Tabla 4. Contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables, objetivos y competencias de la unidad didáctica.	26
Tabla 5. Diagrama de Gantt de las sesiones y actividades planteadas.	28
Tabla 6. Secuenciación de la Actividad 1.....	29
Tabla 7. Secuenciación de la Actividad 2.....	31
Tabla 8. Secuenciación de la Actividad 3.....	33
Tabla 9. Secuenciación de la Actividad 4.....	35
Tabla 10. Secuenciación de la Actividad 5.....	36
Tabla 11. Recursos necesarios para cada actividad.	37
Tabla 12. Rúbrica para los informes de las experiencias POE.	38
Tabla 13. Rúbrica para las exposiciones orales.	39
Tabla 14. Clasificación de las herramientas de evaluación utilizadas según los criterios de evaluación.....	40
Tabla 15. Análisis DAFO de la propuesta de intervención.	41

1. Introducción

El presente Trabajo de Fin de Estudios (TFE) del Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas presenta una propuesta de intervención para la asignatura de Química de 2º de Bachillerato. Concretamente, se elabora una unidad didáctica dedicada a las reacciones de oxidación-reducción y a la electroquímica haciendo uso de actividades prácticas, en este caso, de experiencias interpretativas denominadas Predecir-Observar-Explicar (POE).

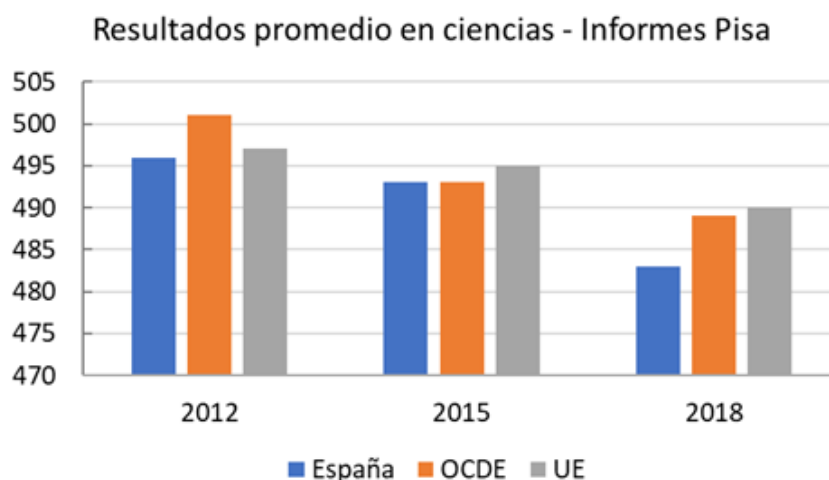
A lo largo del presente trabajo se van a analizar las principales limitaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje de la electroquímica. Además, se recopilarán distintas experiencias prácticas y se examinarán las ventajas de aplicar experiencias POE en el aula. Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, se elaborará una unidad didáctica denominada “Reacciones de transferencia de electrones” donde las actividades propuestas promuevan el interés y aprendizaje significativo del alumnado.

El continuo crecimiento en el uso de dispositivos móviles y el desarrollo de energías renovables suscitan el interés en los sistemas de almacenamiento de energía electroquímicos en la sociedad de hoy en día. En este contexto, la unidad didáctica propuesta pretende poner en contexto los distintos fenómenos relacionados con la electroquímica a través de experiencias POE, las cuales permitirán conocer la interpretación del alumnado de distintas situaciones, así como fomentar el pensamiento crítico del estudiante.

1.1. Justificación

En los últimos años, la situación en España respecto al estudio de ciencias en secundaria ha despertado una gran preocupación en el ámbito educativo. El último informe Pisa realizado en el año 2018 revela que la puntuación media para España en ciencias es inferior a la media de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP], 2019). Asimismo, tal y como se muestra en la Figura 1, los resultados del último año son inferiores a años anteriores (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [MECP], 2013; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [MECP], 2016).

Figura 1. Resultados en ciencias según los informes Pisa de los últimos años.



Fuente: Elaboración propia a través de los datos recogidos de informes Pisa (MECD, 2013; MECD, 2016; MEFP, 2019).

En este contexto, la falta de interés y la dificultad de comprensión de las asignaturas de ciencias, especialmente de la asignatura de física y química, hacen que la motivación y el rendimiento del alumnado disminuya (Coca, 2015; Solbes et al., 2007). Es por ello que en los últimos años se han elaborado diversas propuestas didácticas innovadoras para la enseñanza de física y química, tales como el uso de experiencias prácticas para promover el interés del alumnado y favorecer el aprendizaje (Cañón y Sarriá, 2020).

Además, en las últimas décadas la Comunidad Educativa está de acuerdo en implementar un aprendizaje más significativo, que suponga dotar al alumnado de las herramientas necesarias para que, durante el planteamiento de una situación o problema, sea capaz de utilizar la información recibida e interpretar los fenómenos que ocurren (Karamustafaoğlu y Mamlok-Naaman, 2015; Novak, 2002). Es por ello que la Orden ECD/65/2015 de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, establece unas competencias clave con el objetivo del desarrollo íntegro del estudiante más allá de los conceptos científicos. En este sentido, las experiencias POE se consideran una herramienta adecuada para trabajar diversas competencias, ya que el alumnado debe crear una hipótesis a partir de una situación planteada (“Predecir”), observar o realizar experimentos para comprobar su hipótesis (“Observar”) y razonar lo ocurrido concuerde o no con su hipótesis inicial (“Explicar”).

1.2. Planteamiento del problema

La electroquímica está considerada una de las temáticas más difíciles de la asignatura de química, tanto para estudiantes como para profesores. Tanto en la literatura como tras la propia experiencia de la autora del presente trabajo como profesora de refuerzo de química de 2º de Bachillerato, existen numerosas concepciones alternativas en dicha temática que se pueden dar si el proceso de enseñanza-aprendizaje carece de suficientes ejemplos y actividades prácticas (Adu-Gyamfi et al., 2018; Akram et al., 2014; Goes et al., 2020; Karsli y Çalik, 2012; Lin et al., 2002; Sesen y Tarhan, 2013).

Desde su desarrollo hace menos de 30 años (White y Gunstone, 1992), las experiencias POE han sido descritas en la literatura como una estrategia de mejora para la educación de las ciencias (Karamustafaoğlu y Mamlok-Naaman, 2015; Kibirige et al., 2014; Liew y Treagust, 1998). Concretamente, en base al estudio realizado por Karamustafaoğlu y Mamlok-Naaman (2015), se ha podido comprobar la viabilidad y efectividad de la enseñanza de la electroquímica a través de experiencias POE.

En el presente trabajo se realiza una investigación bibliográfica referente a las limitaciones de la enseñanza de la electroquímica, y las principales ventajas de la estrategia POE. Teniendo en cuenta dichos aspectos, se lleva a cabo la elaboración de una unidad didáctica de electroquímica de 2º de Bachillerato, donde se utilizarán distintas experiencias POE para la mejora educativa de dicha temática.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo consiste en diseñar una propuesta de intervención sobre electroquímica haciendo uso de experiencias interpretativas POE en la asignatura de química de 2º de Bachillerato.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las principales dificultades de aprendizaje relacionadas con las reacciones de oxidación-reducción y la electroquímica.
- Investigar sobre las experiencias POE y su aplicación en el aula.
- Proponer actividades basadas en experiencias POE que sirvan para la enseñanza de la electroquímica.

2. Marco teórico

2.1. El aula moderna y el profesorado del siglo XXI

A lo largo de los años, se han investigado diversos métodos de enseñanza con el fin de mejorar el aprendizaje. Si bien es cierto que los planteamientos conductistas y constructivistas han ido evolucionando, para llevar estos planteamientos a la práctica también hay que tener en cuenta el contexto de las personas que van a llevar a cabo el aprendizaje.

En este sentido, el siglo XXI se ha caracterizado por vivir una época denominada por Zygmunt Bauman (2008) como “modernidad líquida”, por la que el cambio y evolución constante del entorno hace que la enseñanza también se tenga que adaptar a dicho contexto, como por ejemplo el desarrollo de las nuevas tecnologías o el individualismo cada vez más presente en la sociedad.

En este contexto, en el artículo de Ortiz (2015) se analiza la importancia de impulsar la lectura, escritura y diálogo en el alumnado. El autor subraya la relevancia de generar en el estudiante la curiosidad para impulsar estas tres acciones en lugar de imponerlas. Por otro lado, en las aulas de hoy en día además de incentivar el deseo de aprender, también es necesario facilitar la comprensión y exploración del problema planteado. Así, la reflexión y el diálogo conducirán hacia el pensamiento crítico.

Con el fin de conseguir una clase comprensiva y reflexiva, Ortiz (2015) hace referencia a las fases a llevar a cabo descritas por John Dewey, una de las figuras relevantes de la educación progresista del siglo XX. En la Figura 2 se muestran esas fases, donde en primer lugar el profesor plantea un problema o pregunta al alumnado, y es en ese momento cuando los estudiantes se enfrentan al conflicto cognitivo. Tras la exploración de datos y experiencias previas, emerge la hipótesis. Por último, cada hipótesis se aplica y contextualiza con el fin de conocer si es una posible solución al problema o pregunta planteada.

Figura 2. Fases para conseguir una clase comprensiva.



Fuente: Elaboración propia en base a Ortiz (2015).

Al hilo de lograr el aula descrito, es importante que el profesor cree un clima reflexivo, lo cual se puede conseguir a través de esperar tras realizar la pregunta, para que el alumnado tenga el tiempo suficiente para configurar sus propias hipótesis y conclusiones y no imitar a los demás. Además, el profesor deberá mantener un buen clima de aula donde no se juzgue la hipótesis de ninguno de los estudiantes.

En los siguientes apartados, se concretará más en cuanto a curso y materia de esta propuesta de intervención se refiere.

2.2. La enseñanza de la electroquímica en Bachillerato

Los conceptos relacionados con la electroquímica están presentes en el temario por primera vez en 2º de Bachillerato teniendo en cuenta la Ley Orgánica de Educación 2/2006 (LOE) modificada por la Ley Orgánica 8/2013 para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE).

Por tanto, el alumnado puede haber construido unas ideas previas y concepciones alternativas en torno a este tema, como se verá en esta sección. Además, se recopilarán también las mayores dificultades tanto de enseñanza como de aprendizaje de la electroquímica para saber cuáles son los conceptos en los que más se debe ahondar para que el alumnado tenga una idea clara.

2.2.1. Concepciones alternativas y dificultades de enseñanza-aprendizaje

Recientemente, un estudio llevado a cabo entre la Universidad de São Paulo y de Santa Catarina recopila los distintos artículos reportados entorno a las dificultades de aprendizaje de las reacciones de oxidación-reducción (redox) entre los años 2000 y 2019 (Goes et al., 2020). En la Tabla 1 se enumeran las dificultades conceptuales y procedimentales más reportadas según la revisión bibliográfica realizada por dichos autores. También cabe destacar que según la recopilación de artículos realizada por los autores, el número de publicaciones relativas a este tema en la segunda década de los 2000 es el doble que en la primera, lo que refleja la importancia de la temática en la actualidad.

Tabla 1. *Dificultades de aprendizaje de las reacciones redox.*

Dificultades conceptuales	Comprender el proceso de transferencia de electrones y el movimiento de los mismos.
	Entender la asignación de los números de oxidación.
	Distinguir entre celdas galvánicas y electrolíticas.
	Comprender la función del puente salino.
	Entender la diferencia de potencial.
	Diferencias entre balance químico y electroquímico.
	Conocer las reacciones redox a nivel macroscópico, microscópico y simbólico.
Dificultades procedimentales	Asociar conceptos redox con fenómenos observados.
	Identificar el agente oxidante y el agente reductor.
	Predecir los productos de la reacción redox.
	Comprender la estequiometría del proceso de transferencia de electrones e identificar el número de electrones que participan en cada semirreacción.
	Identificar el ánodo y el cátodo.

Fuente: Elaboración propia en base a Goes et al. (2020).

Una de las dificultades de aprendizaje más reportadas es el proceso de transferencia de electrones, ya que, a pesar de que los alumnos son capaces de identificar la transferencia de electrones, la mayoría no consigue explicar científicamente la razón por la que ocurre dicha

transferencia (Osman y Lee, 2014). Además, no son capaces de explicar el flujo de iones y electrones en una celda galvánica (Cole et al., 2019). Según Osterlund et al. (2010), esta dificultad de aprendizaje está relacionada con la manera en la que se describen las reacciones redox en los libros de texto, ya que solo lo relacionan con la ganancia y pérdida de electrones.

En este contexto, el análisis realizado por Solaz-Portolés et al. (2013) sobre los libros de texto españoles de 2º de Bachillerato, revela la carencia de ciertos conceptos relevantes para entender las celdas galvánicas, como la diferencia de potencial, el flujo de iones y electrones en cada semicelda, la importancia del puente salino o las características de la corriente eléctrica generada.

Por otro lado, la mayor dificultad procedimental según varios autores (Cole et al., 2019; Haigh et al., 2012; y Kelly et al., 2017) se basa en la incapacidad de aplicar los conocimientos teóricos de las reacciones de oxidación y reducción a cuestiones planteadas de la vida cotidiana, como explicar la relación entre el cambio de color de una disolución con la reacción redox que ocurre, o de aplicar los conceptos de las reacciones redox a las baterías (Lee, 2007).

En el año 2016, la Universidad de Valencia llevó a cabo un estudio del conocimiento del profesorado de secundaria sobre pilas galvánicas a través de un cuestionario (Brines et al., 2016). Los resultados muestran que, a pesar de que los profesores en ejercicio obtuvieron mejores resultados que los profesores en formación, ninguno de los grupos consiguió un resultado deseable ya que no superaron la nota del 5 sobre 10. Por tanto, el estudio deja en evidencia la necesidad de una mayor formación para el profesorado de secundaria en torno a esta temática.

Además, se realizó un estudio a 55 estudiantes de 2º de Bachillerato de tres centros educativos diferentes y a 43 alumnos de 1º del grado en Química con la finalidad de conocer las principales concepciones alternativas en cuanto a pilas galvánicas (Sanmartín et al., 2014). El resultado más destacable en cuanto a ideas erróneas muestra que más de la mitad de los alumnos de Bachillerato no creen que las semiceldas deben ser eléctricamente neutras. Por otro lado, en el estudio se realizó una pregunta abierta para llevar a cabo la explicación de una pila galvánica formada por zinc y cobre, donde se encuentran interpretaciones alternativas como que el zinc le proporciona “algo” al cobre o distintas ideas erróneas sobre de dónde se producen las burbujas de hidrógeno. Tras el estudio, los autores afirman que un cambio en la estrategia de enseñanza podría ayudar a mejorar la comprensión del alumnado, a través de

situaciones que provoquen un conflicto cognitivo, la explicación de los fenómenos a través de animaciones o mediante el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

2.2.2. Estrategias de aprendizaje

En esta misma línea, teniendo en cuenta las dificultades de aprendizaje de la temática, en los últimos años ha incrementado el número de artículos relacionados con la enseñanza de las reacciones redox y la electroquímica a través de metodologías innovadoras, tales como:

- Simulación (López et al., 2018).
- Gamificación (Kurniawan et al., 2017).
- Uso de analogías (Salgado y Puente, 2016).
- Actividades prácticas (Insausti y Echeverría, 2013; Prolongo y Pinto, 2018).
- Experiencias POE (Karamustafaoglu y Mamlok-Naaman, 2015)

Teniendo en cuenta la necesidad de aplicar estrategias didácticas innovadoras para un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje, en este trabajo se definirán y analizarán las experiencias interpretativas Predecir-Observar-Explicar o experiencias POE, su origen y principales ventajas y limitaciones a tener en cuenta para poder desarrollar una propuesta de intervención práctica y útil para los alumnos.

2.3. Experiencia Predecir-Observar-Explicar

2.3.1. Origen y desarrollo

El uso de trabajos prácticos en las aulas de física y química se ha llevado a cabo a lo largo de los años debido a su efectividad en cuanto a la comprensión y motivación del alumnado (Prolongo y Pinto, 2018). Además, la LOMCE recoge la importancia de llevar a cabo trabajos prácticos en la asignatura de química de 2º de Bachillerato, donde los estándares de aprendizaje del “Bloque 1. La Actividad Científica” destacan la importancia de la observación y experimentación de fenómenos y del análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

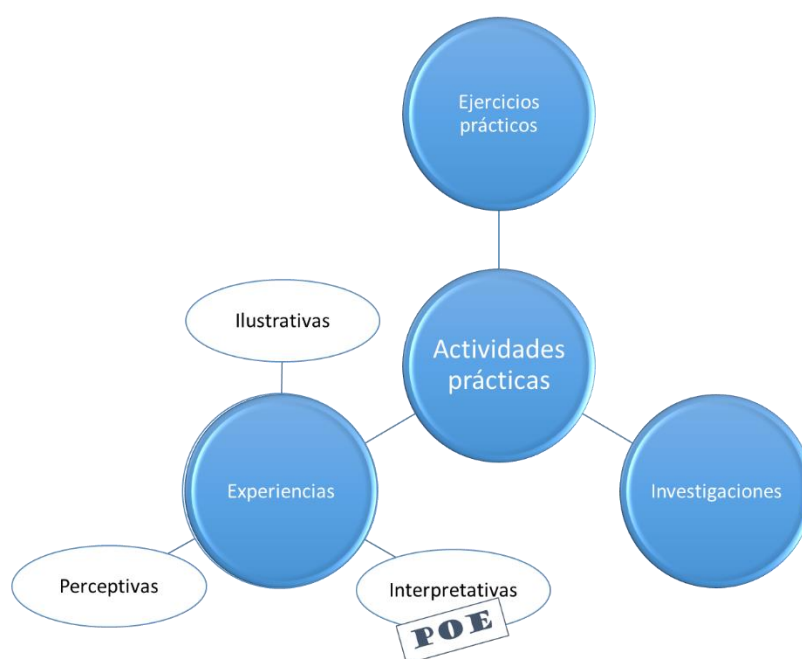
Tal y como se puede observar en la Figura 3, dentro de los trabajos prácticos, se pueden distinguir en tres tipos (Ametller et al., 2011):

- Ejercicios prácticos: experimentos concretos que tienen como objetivo avalar la teoría o aprender distintos procedimientos experimentales.

- Experiencias: actividades prácticas donde el objetivo principal es familiarizarse con los principios aprendidos. Las experiencias pueden ser perceptivas (observación), ilustrativas (demostración experimental de un principio) o interpretativas (el alumnado emite una hipótesis previa al experimento que después observará).
- Investigaciones: trabajos más abiertos donde se realiza un análisis de la información y se lleva a cabo un trabajo científico más amplio, con el fin de resolver problemas tanto teóricos como prácticos.

En el año 1979, con el fin de analizar el razonamiento del alumnado de Física de primer año de la universidad de Pittsburg, Champagne, Klopfer y Anderson llevaron a cabo una metodología a la que denominaron DOE, Demostrar, Observar y Explicar (Champagne et al., 1980). Dos años más tarde, Gunstone y White (1981) modificaron el concepto DOE para definir el que conocemos actualmente, POE, Predecir, Observar, Explicar.

Figura 3. Esquema de las distintas actividades prácticas.

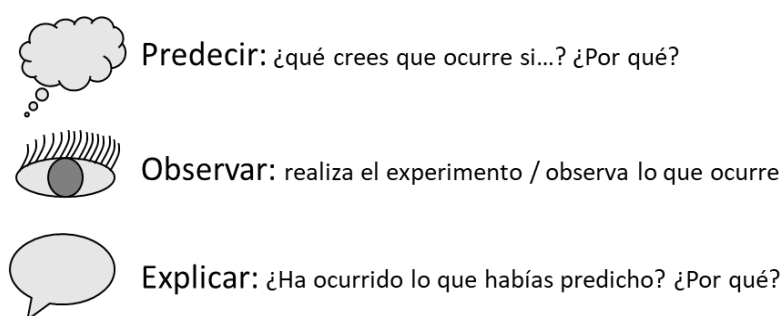


Fuente: elaboración propia.

Esta estrategia de enseñanza se basa en llevar a cabo una experiencia interpretativa que permite conocer la comprensión del alumnado en un tema concreto, a través de tres pasos resumidos en la Figura 4 y explicados en las siguientes líneas (Hernández y López, 2011):

- 1^{er} paso: Predecir. Se plantea una situación al alumno en la que se describe el inicio de un experimento, y debe describir qué cree que ocurrirá y por qué.
- 2º paso: Observar. El alumno debe observar qué ocurre durante la elaboración del experimento y anotarlo. El experimento se podrá llevar a cabo por el alumno, por el profesor o a través de contenido audiovisual (Kearney et al., 2001).
- 3^{er} paso: Explicar. En esta última fase el alumno tiene que comparar lo observado con la hipótesis realizada y razonar el resultado, tanto si la predicción coincide con lo experimental como si no.

Figura 4. Fases de la experiencia POE.



Fuente: elaboración propia.

El incremento en el uso de esta estrategia de aprendizaje ha promovido el desarrollo de experiencias POE en distintas temáticas de las ciencias (Alexander et al., 2010). Además, se han desarrollado diferentes variedades de las experiencias POE. Por ejemplo, Hernández y López (2011) añadieron un verbo más al nombre, Predecir-Observar-Explicar-Indagar, con el objetivo de realizar una pequeña investigación sobre la temática planteada al final del trabajo. De manera similar, Hilario (2015) utilizó el término POEE, estando la última letra vinculada a la palabra "Explore", con el objetivo de que el alumnado analizara qué aplicaciones tiene el fenómeno analizado en la vida cotidiana.

Independientemente de las variaciones realizadas, las experiencias POE son una herramienta valiosa que presenta numerosas ventajas para su aplicación en el aula, tal y como se describirán en el siguiente apartado, además de enumerar ciertos aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de utilizar esta herramienta en el aula.

2.3.2. Ventajas y aspectos a tener en cuenta

Las principales ventajas del uso de experiencias POE en el aula son las siguientes (Liew y Treagust, 1998; Mthembu y George, 2001):

- Permite conocer las ideas previas del alumnado en la temática planteada.
- Si lo observado no concuerda con lo predicho, se crea un conflicto cognitivo, lo cual permite un aprendizaje significativo.
- Permite relacionar conceptos teóricos con experiencias prácticas.
- Aprenden a aprender de su propia equivocación.
- Son experiencias fáciles de preparar y de corta duración.
- Promueve el pensamiento crítico del alumnado.

Por tanto, se puede comprobar que esta herramienta de aprendizaje sirve para conseguir una clase comprensiva y reflexiva, tal y como se ha descrito anteriormente en el apartado 2.1.

Sin embargo, existen varios aspectos a tener en cuenta que podrían conllevar ciertas limitaciones durante la experiencia POE (White y Gunstone, 1992; Karamustafaoğlu y Mamlök-Naaman, 2015):

- El alumnado debe reconocer la situación planteada como una situación real e importante para que puedan tener una opinión crítica sobre ella.
- Debe haber un buen clima en el aula para que todos los alumnos puedan exponer su opinión. Es importante que no se sientan solos en su pensamiento ni con miedo de expresar su opinión sobre lo que ocurrirá (Mthembu y Georfe, 2001).
- Las observaciones de cada alumno pueden estar influenciadas por sus propias predicciones, por lo que es importante que se aclare lo que ocurre durante la observación (Ebenezer et al., 2010).

Por tanto, al aplicar una experiencia POE en el aula, se deberán tener en cuenta estos aspectos, además de ajustarse al nivel académico del alumnado para evitar la frustración de los estudiantes, si bien es cierto que las experiencias POE descritas en la literatura han tenido una respuesta positiva en el aprendizaje del alumnado, tal y como se muestra en la siguiente sección.

2.3.3. Ejemplos de experiencias POE descritas

Desde su desarrollo en 1980, se han reportado numerosas experiencias POE en el aula de ciencias. De hecho, en el año 2010 se publicó un libro donde se recopilan experiencias POE en función de la temática (Alexander et al., 2010), tales como fuerza, trabajo y energía, disoluciones o corriente eléctrica.

Recientemente, se han propuesto numerosas experiencias prácticas para la enseñanza y aprendizaje de distintas reacciones químicas (Cañón y Sarriá, 2020): reacciones ácido-base, de oxidación-reducción o de precipitación. Por ejemplo, entre las experiencias prácticas que proponen, plantean la conocida reacción del camaleón químico, donde el alumnado puede observar los distintos colores por los que pasa el manganeso en función de su estado de oxidación a medida que se va reduciendo, pero en lugar de añadir como agente reductor glucosa o fructosa, se utiliza un chupachups para hacerlo más atractivo a los alumnos. Esta práctica también había sido descrita previamente por Prolongo y Pinto (2018), en la que también sugieren alternativas a la práctica a través de botellas de plástico y chicle.

Concretamente, dentro de las experiencias POE para las reacciones redox, cabe destacar el trabajo realizado por Treagust et al. (2014), donde proponen distintas situaciones para llevar a cabo estrategias POE, tales como:

- El contacto de un estropajo de hierro en una disolución de ácido acético diluido.
- Inmersión de una tira de zinc en una disolución de sulfato de cobre e inmersión de una tira de cobre en una disolución de sulfato de cinc.
- El burbujeo de gas cloro a un tubo de ensayo que contiene ioduro de potasio y una lámina de xileno.
- Quemar tres velas de distinta longitud bajo un tarro de campana sellado de aire.

Una vez descritas las situaciones, se realizan una serie de preguntas, como podemos ver en el ejemplo descrito en el artículo (Figura 5).

Figura 5. Ejemplo de experiencia POE descrita por Treagust et al. (2014).

Activity 2: immersing a zinc strip in aqueous copper(II) sulfate
Instructions to students:

1. You will investigate the redox reaction that occurs when a zinc strip is dipped in beaker containing some aqueous copper(II) sulfate.
2. Collect the materials and solution required for this activity.
3. Predict whether a chemical reaction will take place. Write a brief explanation or reason for your prediction.
4. Share your prediction with members of your group and come to an agreement of what you would expect to happen.
5. Perform the experiment. What changes can you observe? Record all changes that occur. Were your observations similar to your earlier predictions?
6. Write down your explanations for all changes that you observed in terms of the redox reaction that had occurred. Compare your observations with your prediction. Are these in agreement? If not, discuss with members of your group to reconcile any differences.

Fuente: Treagust et al., 2014.

Este estudio concluyó que la estrategia POE fue efectiva en el alumnado ya que, por un lado, pudieron confirmar las ideas previas correctas que tenían y, por otro, el conflicto cognitivo generado en las predicciones erróneas supuso una mayor comprensión de lo que ocurría en el experimento.

Otros conceptos de la electroquímica como la electrólisis también han sido explicados en la literatura a través de experiencias POE (Karamustafaoğlu y Mamlok-Naaman, 2015). En este caso, las preguntas propuestas son:

- El agua pura, ¿es una mezcla o un compuesto? ¿Por qué?
- ¿Cuáles son los métodos de descomposición de mezclas y compuestos? ¿Con qué método se podría descomponer el agua pura?
- ¿Podríamos descomponer el agua pura con un lápiz? ¿Cómo y por qué?
- ¿Puede un lápiz conducir electricidad? ¿Por qué?

Tras esta experiencia, se comparan las calificaciones obtenidas en un test entre los alumnos que han aprendido a través de la experiencia POE y aquellos que lo han hecho a través de un aprendizaje tradicional. Los resultados muestran que los alumnos que han realizado la experiencia POE tienen mayores calificaciones, lo cual demuestra la eficacia de esta estrategia de aprendizaje. Además, la actividad también ha servido para recopilar las concepciones alternativas más repetidas por los estudiantes durante la experiencia, donde cabe destacar la dificultad en la comprensión sobre la transferencia de electrones en el ánodo y el cátodo.

En resumen, tras haber analizado las principales limitaciones del aprendizaje de las reacciones redox y la electroquímica, así como las ventajas de aplicar experiencias POE en el aula, en el siguiente apartado se llevará a cabo una propuesta de intervención para la unidad didáctica denominada a partir de ahora como “Reacciones de transferencia de electrones”.

3. Propuesta de intervención

3.1. Presentación de la propuesta

La Unidad Didáctica (UD) denominada “Reacciones de transferencia de electrones” se impartirá durante el curso de 2º de Bachillerato en un centro de la Comunidad de Madrid. La importancia de estos contenidos reside en entender el fenómeno de las reacciones de oxidación-reducción, así como en conocer las principales aplicaciones de estas reacciones en la industria y en la vida cotidiana. Cabe destacar que la mayoría del contenido de esta unidad didáctica no ha sido explicado en las aulas en cursos anteriores.

En la presente propuesta de intervención se establecerán los objetivos de etapa y didácticos que se pretenden conseguir. Además, se describirán las competencias clave que se trabajarán mediante las diferentes actividades. Asimismo, se detallarán las actividades propuestas, las cuales estarán relacionadas con las experiencias POE, ya que tal y como se ha descrito anteriormente, son unas actividades prácticas que presentan diversas ventajas y pueden servir para que el alumnado llegue a una mayor comprensión de la temática. Finalmente, se puntualizarán los diferentes aspectos a tener en cuenta durante la evaluación del contenido y se realizará una evaluación de la propuesta de intervención elaborada.

3.2. Contextualización de la propuesta

El centro se encuentra en el área metropolitana de la Comunidad de Madrid (distrito centro), donde encontramos estudiantes de distintas regiones de España, así como un 10% de alumnos provenientes de fuera de España. La ratio de alumnos y alumnas es similar, y ninguno presenta necesidades específicas de aprendizaje. Se trata de zonas con predominio de un grupo social que se podría clasificar como clase media asalariada. Así mismo el centro posee un amplio abanico de recursos tecnológicos y digitales y una buena conexión a internet.

La ratio media de alumnos por docente es de veinte, hecho que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues la atención a cada alumno y el ritmo de las clases pueden adaptarse en mayor medida a las necesidades individuales. A pesar de no presentar ningún alumnado con necesidades especiales, en todo momento debe tenerse en cuenta el ritmo de los procesos de enseñanza-aprendizaje de cada uno, para lograr una enseñanza de calidad y un aprendizaje significativo. Se pretende afianzar las capacidades cognitivas, afectivas y

sociales adquiridas por el alumnado en la etapa educativa anterior que les permitirán formar parte de la sociedad con responsabilidad y autonomía. Además, debe tenerse en cuenta la realización del examen de acceso a la universidad al finalizar el curso, por lo que la programación estará ajustada para poder alcanzar dicho fin.

En la presente propuesta de intervención se tratará la unidad didáctica denominada “Reacciones de transferencia de electrones”, la cual se impartirá en 2º curso de Bachillerato en la asignatura de química. Para ello, se establecerán los objetivos, competencias y actividades a desarrollar siguiendo el marco legislativo estatal, definido por la Ley Orgánica de Educación 2/2006 (LOE) modificada por la Ley Orgánica 8/2013 para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE).

Asimismo, la LOMCE se acompaña del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, y de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.

Concretamente, la elaboración de la unidad didáctica seguirá lo definido por el Decreto 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato.

3.3. Intervención en el aula

3.3.1. Objetivos

En el Artículo 25 del Real Decreto 1105/2014 y en el Artículo 3 del Decreto 52/2015 vienen definidos los objetivos de etapa para el Bachillerato, de los cuales en la presente propuesta de intervención se trabajarán los listados en la Tabla 2.

Tabla 2. *Objetivos de etapa a trabajar en la propuesta de intervención.*

#OE	Descripción del objetivo
B	Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
E	Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana.
G	Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
I	Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.

J	Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
K	Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.

Fuente: Elaboración propia a partir de los objetivos de etapa descritos en el RD 1105/2014 y en el Decreto 52/2015.

Por otro lado, los objetivos didácticos de la presente UD serán los descritos en la Tabla 3. Las competencias clave desarrolladas en cada objetivo quedan definidas entre paréntesis, y se detallarán en el siguiente apartado.

Tabla 3. *Objetivos didácticos de la propuesta de intervención.*

#OD	Descripción del objetivo didáctico (competencia)
1	Identificar las reacciones de oxidación y de reducción en función del cambio en el número de oxidación. (CMCT)
2	Saber aplicar el método ion-electrón para el ajuste de las reacciones. (CMCT, AA)
3	Interpretar e identificar datos para su posterior realización de resolución de problemas relacionados con la espontaneidad de reacciones redox, volumetrías redox o la electrólisis. (CMCT, AA, CD, CCL)
4	Indicar las partes de una celda galvánica y comprender su uso en la vida cotidiana (CMCT, CCL).
5	Conocer las aplicaciones de las reacciones redox en distintos campos y ser conscientes de la importancia de las baterías como sistemas de almacenamiento de energía de fuentes renovables. (CMCT, AA, CD, CCL)

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Competencias

Las competencias clave quedan definidas en el Artículo 4 de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, y en el Decreto 52/2015 de la Comunidad de Madrid. Además, las tres dimensiones (saber, saber hacer y saber ser) de cada competencia clave quedan descritas en el portal web del sistema educativo español (Educagob, s.f.). Las competencias clave que se desarrollan en la presente unidad didáctica son las siguientes:

- Competencia en Matemáticas, Ciencia y Tecnología (CMCT): la competencia en matemáticas, ciencia y tecnología se desarrollará a lo largo de toda la asignatura de química y también en la presente propuesta de intervención en todas sus dimensiones, ya que se utilizará un lenguaje científico y expresiones matemáticas para identificar, por ejemplo, los estados de oxidación de cada especie (saber), se resolverán

problemas basados en principios y procesos científicos como el cálculo en la diferencia de potencial (saber hacer) y se dará valor a la investigación científica, poniendo en valor la importancia de las reacciones redox en las reacciones que ocurren en nuestro cuerpo así como en el desarrollo de las baterías de hoy en día (saber ser).

- Competencia Digital (CD): la competencia digital se desarrollará a través de la búsqueda y el tratamiento de información en la red (saber) y el manejo de un programa de simulación (saber hacer) que se utilizará para realizar una de las experiencias POE ligadas a la electrólisis.
- Competencia en Comunicación Lingüística (CCL): esta competencia se trabajará al aprender nuevo vocabulario técnico (saber), al procesar información de distintas fuentes y al expresarse de forma oral y escrita (saber hacer). Para cada actividad POE se les facilitará un documento que deberán rellenar con un lenguaje formal y científico.
- Competencia de Aprender a Aprender (AA): la elaboración de la hipótesis en las experiencias POE requiere de una consciencia sobre lo que uno sabe y desconoce (saber), y la evaluación de resultados implica también trabajar esta competencia (saber hacer). Además, la dimensión actitudinal (saber ser) de esta competencia es una de las más trabajadas a la hora de desarrollar una experiencia POE, ya que el estudiante se siente protagonista del proceso de aprendizaje y se trabaja la motivación, curiosidad y autoconfianza.

3.3.3. Contenidos

En la presente propuesta de intervención, los contenidos que se van a trabajar pertenecen al “Bloque 3. Reacciones químicas” del curso de 2º de Bachillerato. Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje están descritos en el Real Decreto 1105/2014. La Tabla 4 muestra, además de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje, los objetivos didácticos y las competencias clave desarrolladas

Tabla 4. *Contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables, objetivos y competencias de la unidad didáctica.*

Unidad didáctica: Reacciones de transferencia de electrones				
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables	Objetivos	Competencias
C1. Equilibrio redox. Concepto de oxidación-reducción. Oxidantes y reductores. Número de oxidación.	CE1. Determinar el número de oxidación de un elemento químico identificando si se oxida o reduce en una reacción química.	EAE1. Define oxidación y reducción relacionándolo con la variación del número de oxidación de un átomo en sustancias oxidantes y reductoras.	OD1	CCL CMCT
C2. Ajuste redox por el método del ion-electrón. Estequiometría de las reacciones redox.	CE2. Ajustar reacciones de oxidación-reducción utilizando el método del ion-electrón y hacer los cálculos estequiométricos correspondientes.	EAE2. Identifica reacciones de oxidación-reducción empleando el método del ion-electrón para ajustarlas.	OD2	AA CMCT
C3. Potencial de reducción estándar.	CE3. Comprender el significado de potencial estándar de reducción de un par redox, utilizándolo para predecir la espontaneidad de un proceso entre dos pares redox.	EAE 3.1. Relaciona la espontaneidad de un proceso redox con la variación de energía de Gibbs considerando el valor de la fuerza electromotriz obtenida.	OD3	AA CCL CD CMCT
		EAE 3.2. Diseña una pila conociendo los potenciales estándar de reducción, utilizándolos para calcular el potencial generado formulando las semirreacciones redox correspondientes.	OD3 OD4	
		EAE 3.3. Analiza un proceso de oxidación-reducción con la generación de corriente eléctrica representando una célula galvánica.	OD3 OD4	
C4. Volumetrías redox.	CE4. Realizar cálculos estequiométricos necesarios para aplicar a las volumetrías redox.	EAE 4. Describe el procedimiento para realizar una volumetría redox realizando los cálculos estequiométricos correspondientes.	OD3	CMCT CCL
C5. Leyes de Faraday de la electrolisis.	CE5. Determinar la cantidad de sustancia depositada en los electrodos de una celda electrolítica empleando las leyes de Faraday.	EAE 5. Aplica las leyes de Faraday a un proceso electrolítico determinando la cantidad de materia depositada en un electrodo o el tiempo que tarda en hacerlo.	OD3	AA CD CMCT
C6. Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción: baterías eléctricas, pilas de combustible, prevención de la corrosión de metales.	CE6. Conocer algunas de las aplicaciones de la electrolisis como la prevención de la corrosión, la fabricación de pilas de distintos tipos (galvánicas, alcalinas, de combustible) y la obtención de elementos puros.	EAE 6.1. Representa los procesos que tienen lugar en una pila de combustible, escribiendo las semirreacciones redox, e indicando las ventajas e inconvenientes del uso de estas pilas frente a las convencionales.	OD4 OD5	AA CCL CD CMCT
		EAE 6.2. Justifica las ventajas de la anodización y la galvanoplastia en la protección de objetos metálicos.	OD5	

Fuente: elaboración propia a partir del Real Decreto 1105/2014.

3.3.4. Metodología

La metodología aplicada en la UD estará basada en el modelo constructivista. Se combinarán las clases magistrales con actividades que favorezcan el aprendizaje autónomo y el de trabajo en equipo. Las actividades propuestas fomentarán la motivación del alumnado, así como un aprendizaje significativo de los contenidos de la unidad didáctica.

Teniendo en cuenta la importancia de las TIC, se subirán todos los contenidos trabajados en clase al aula virtual, además de ejercicios extra para que el alumnado practique y preguntas relacionadas con la unidad didáctica propuesta que han aparecido años previos en los exámenes de acceso a la universidad.

En la primera sesión, el profesor realizará una introducción del tema a través de una lluvia de ideas y también explicará en qué consistirán las actividades de la unidad didáctica. Así, se explicará al alumnado el formato de las actividades POE y sus agrupaciones, aclarándoles que inicialmente, para la fase de predicción, redactarán una hipótesis de manera individual. Después, para la observación y explicación, se organizará el aula en agrupamientos heterogéneos de 4-5 estudiantes.

El papel del docente durante las actividades basadas en experiencias POE será como guía, teniendo en cuenta si el alumnado tiene herramientas suficientes a través de las preguntas para razonar la hipótesis o necesitan que se les guíe. También debe dejar claro en todo momento que no pasa nada si la hipótesis no coincide con lo observado, y subrayar que cometer errores también es una manera de aprender.

Por último, cabe destacar que se realizará una actividad relacionada con las aplicaciones de las pilas de combustible y baterías, con el fin de trabajar la conciencia con el medio ambiente como elemento transversal.

3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades

Según el Decreto 52/2015 de la Comunidad de Madrid, se asignan 140 horas lectivas para las asignaturas troncales, entre ellas química en 2º de Bachillerato, dividida en 4 horas semanales. La unidad didáctica propuesta se llevará a cabo en 9 sesiones de 50 minutos cada una, con la temporalización y actividades mostradas en el diagrama de Gantt (Tabla 5). La unidad didáctica se impartirá en la tercera evaluación con el fin de tener una base sobre el equilibrio químico y las propiedades de los elementos de la tabla periódica de antemano.

Tabla 5. Diagrama de Gantt de las sesiones y actividades planteadas.

		Sesiones								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Actividad de inicio	1. Introducción a las reacciones redox									
Actividades de desarrollo	2. El camaleón químico									
	3. Espontaneidad de las reacciones									
	4. Electroquímica y electrólisis									
Actividad de cierre	5. El almacenamiento de energía									
Examen										

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan las características de cada actividad. Cabe destacar que las siglas C, CE y EAE corresponden a los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables, respectivamente, descritos previamente en la Tabla 4. En cuanto a los objetivos, se han concretado los objetivos didácticos que se trabajan en cada actividad, ya que se tiene en cuenta que los objetivos de etapa se irán trabajando de forma continuada durante el desarrollo de todas las actividades.

- Actividad 1. Introducción a las reacciones redox (1 sesión, 50’).

Al inicio de la clase se plasmará una diapositiva con varias imágenes donde intervienen las reacciones redox (Figura 6), y se preguntará al alumnado qué tienen en común todas esas imágenes. Tras la lluvia de ideas y la anotación del docente de las ideas del alumnado en el diario de aula, se procederá a la explicación de las reacciones de oxidación-reducción y del estado de oxidación.

Figura 6. Diapositiva utilizada para introducir la unidad didáctica.



Fuente: elaboración propia.

Los últimos cinco minutos se utilizarán para explicar el funcionamiento de las experiencias POE que se realizarán. Las características de esta actividad quedan detalladas en la Tabla 6.

Tabla 6. Secuenciación de la Actividad 1.

Actividad 1. Introducción a las reacciones redox		Sesión
		1
Objetivos		C, CE y EAE
OD1		C1. CE1. EAE1
Actividad		Competencias trabajadas
<p>Lluvia de ideas en el aula, con las imágenes en el proyector y con el docente como guía, se concluirá con el concepto de las reacciones de oxidación-reducción.</p> <p>Después, a través de los ejemplos expuestos en las imágenes se realizará una explicación sobre este tipo de reacciones químicas y el concepto de estado de oxidación. El docente tomará nota en el diario de aula sobre las ideas del alumnado.</p> <p>En los últimos 5 minutos, el docente explicará las actividades POE, enseñando la plantilla a rellenar y los agrupamientos que se deben realizar en cada fase.</p>		CCL CMCT
Temporalización	Recursos	Espacio y agrupamiento
<p>15': Lluvia de ideas sobre reacciones redox en distintas situaciones.</p> <p>30': Explicación sobre las reacciones de reducción y oxidación y el concepto de estado de oxidación</p> <p>5': Introducción a las experiencias POE</p>	Proyector y ordenador	En el aula, grupo-clase
Evaluación		
Evaluación inicial a través del diario de aula.		

Fuente: elaboración propia.

- Actividad 2. El camaleón químico (2 sesiones, 50' cada una).

La primera sesión se utilizará para explicar el ajuste de reacciones redox por el método ión-electrón. En grupos heterogéneos de 3-4 personas, se irán realizando ejercicios prácticos de ajuste por método ion-electrón haciendo uso de una infografía donde se detallan los pasos a seguir (Figura 7).

Figura 7. Infografía sobre el método ion-electrón.

AJUSTE DE REACCIONES REDOX

EL MÉTODO DEL ION-ELECTRÓN

EL AJUSTE EN SOLO 6 PASOS

IDENTIFICA QUÉ ESPECIES CAMBIAN DE ESTADO DE OXIDACIÓN

Determina el estado de oxidación de todas las especies presentes en la reacción e identifica cuáles cambian de estado de oxidación al pasar de reactivos a productos.

PLANTEA LAS SEMIRREACCIONES
ACUÉRDATE DE UTILIZAR LAS ESPECIES IÓNICAS
"CUIDADO CON O₂ Y H₂"

Para ajustar las semirreacciones, se utilizan:
- En medio ácido: agua y protones.
- En medio básico: iones hidróxido y agua.

AÑADE ELECTRONES PARA COMPENSAR LAS CARGAS

IGUALA EL Nº DE ELECTRONES DE LA OXIDACIÓN Y LA REDUCCIÓN

Si no lo tienes claro, multiplica los componentes de la reducción por el nº de electrones de la oxidación, y viceversa.

UNE LAS SEMIRREACCIONES

Suma las especies de ambas semirreacciones y obtendrás la reacción global. Ten en cuenta que en este paso los electrones se simplifican.

AÑADE LOS IONES PARA OBTENER LA REACCIÓN MOLECULAR GLOBAL

Fuente: elaboración propia a partir de Canva

(https://www.canva.com/design/DAEypo35wZQ/share/preview?token=V2J2hJ6t3Q6UjYIQ7kLIEQ&role=EDITOR&utm_content=DAEypo35wZQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=sharebutton)

En la segunda sesión se llevará a cabo la experiencia POE “Reacción del camaleón químico”, para explicar los cambios de estado de oxidación, identificar las especies oxidantes y reductoras e introducir el procedimiento para realizar volumetrías redox.

Con la disolución preparada, se puede realizar la sesión completa en el aula (Prolongo y Pinto, 2018). Se repartirá la plantilla POE de esta sesión (Plantilla POE Actividad 2.Anexo A) y se irá redactando la hipótesis individualmente. Tras la realización de la observación en el agrupamiento de grupo-clase, se dispondrán en grupos de 4-5 personas para redactar la observación y la explicación que consideran. En lugar de una disolución de glucosa, se utilizará un chupachups, lo cual servirá como elemento transversal para hablar de la importancia de la alimentación y el alto contenido en azúcar de este tipo de alimentos. La plantilla de la actividad tendrá una pregunta adicional haciendo alusión a cómo realizar una volumetría redox. La Tabla 7 resume la actividad 2 descrita.

Tabla 7. *Secuenciación de la Actividad 2.*

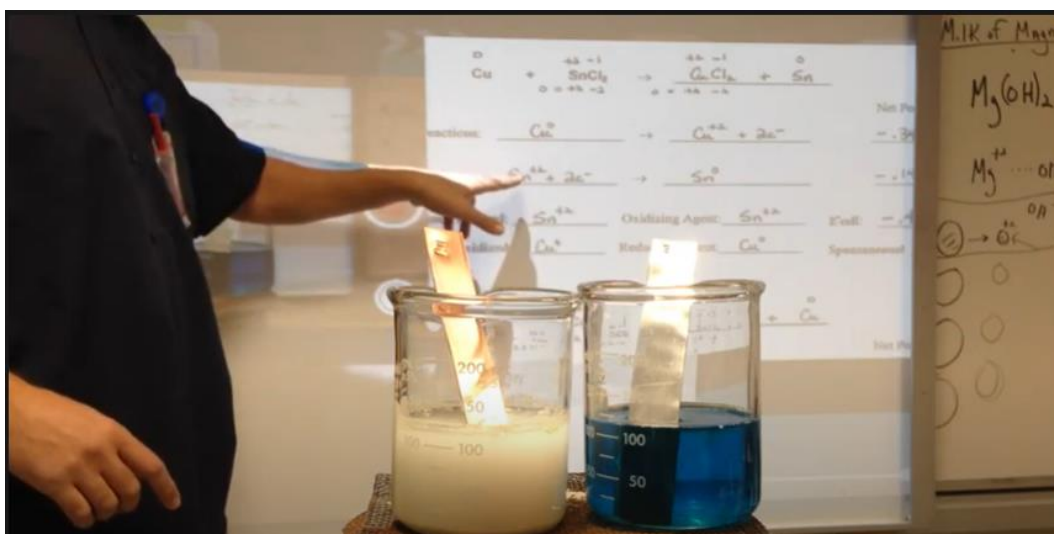
Actividad 2. El camaleón químico		Sesión
		2 y 3
Objetivos		C, CE y EAE
OD2, OD3.		C2. CE2. EAE2 C4. CE4. EAE4.
Actividad		Competencias trabajadas
<p>Sesión 2. Se repartirá una infografía en clase para conocer los pasos a seguir del ajuste por el método ion-electrón. Se realizarán ejercicios prácticos respecto al método, identificando los agentes oxidantes y reductores.</p> <p>Sesión 3. Se llevará a cabo una experiencia POE con dos partes. Primero se preguntará sobre el orden de colores que se llevará a cabo en el experimento del camaleón químico. Después, se hará alusión a cómo conocer la cantidad de reactivo inicial, utilizando la pregunta para explicar las volumetrías redox.</p>		AA CMCT
Temporalización	Recursos	Espacio y agrupamiento
<p>Sesión 2. 50' explicación y ejercicios del ajuste por el método ion-electrón.</p> <p>Sesión 3. 30' Experiencia POE parte 1: sobre la reacción del camaleón químico. 20': Experiencia POE parte 2: sobre las volumetrías redox.</p>	NaOH, KMnO ₄ chupachups, agua destilada, dos vasos de precipitados, guantes y espátula	<p>Sesión 2 individual.</p> <p>Sesión 3 grupos de 4-5 excepto hipótesis (individual).</p>
Evaluación		
Evaluación de las fichas de la experiencia POE.		

Fuente: elaboración propia.

- Actividad 3. Espontaneidad de las reacciones redox (1 sesión, 50').

Al inicio de la clase se dejarán en el aula dos disoluciones, en cada una un metal distinto, con el que en una el metal se disolverá en la disolución y en el otro no. Tras la redacción de cada uno de ellos sobre lo que creen que ocurrirá, se explicará de qué depende la espontaneidad de las reacciones redox, tomando como base la experiencia ya realizada (Figura 8). La Tabla 8 detalla las características de la actividad.

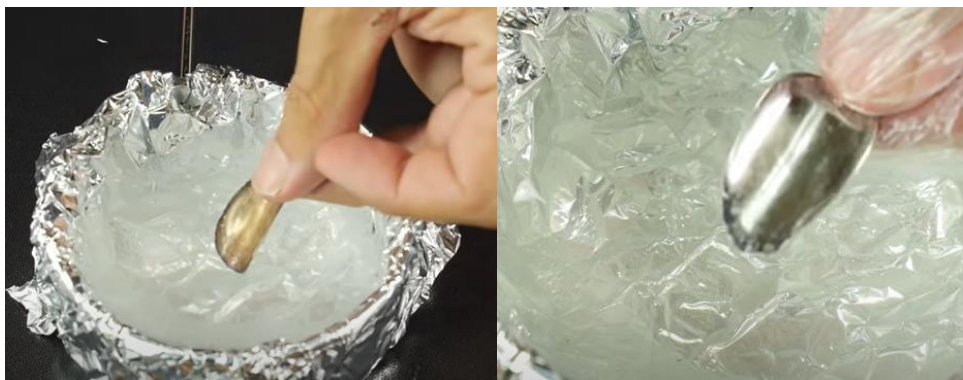
Figura 8. Fotograma de un experimento sobre la espontaneidad de las reacciones redox.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=P-Vaesl8N48&t=94s>

Al final de la clase se hablará sobre las aplicaciones del fenómeno (anodización y galvanoplastia) con ayuda de experiencias más cercanas al alumnado como un vídeo tutorial sobre cómo limpiar plata en casa (Figura 9).

Figura 9. Fotogramas de antes y después de limpiar plata a través de una reacción redox.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=UNefgt5Tw04>

Tabla 8. Secuenciación de la Actividad 3.

Actividad 3. Espontaneidad de las reacciones redox		Sesión
		4
Objetivos		C, CE y EAE
OD3, OD4, OD5.		C3. CE 3. EAE 3.1. C6. CE6. EAE 6.2.
Actividad		Competencias trabajadas
Experiencia POE espontaneidad reacciones redox. Al inicio de la clase se dejarán en el aula un vaso con disolución de SnCl ₂ donde se introducirá una lámina de cobre, y en el otro vaso, una disolución de CuCl ₂ donde se añadirá una lámina de cinc. Tendrán que predecir, observar y explicar cuál de las reacciones es espontánea (Anexo B). Se darán a conocer las aplicaciones del fenómeno (anodización y galvanoplastia) a través de una presentación.		AA CCL CD CMCT
Temporalización	Recursos	Espacio y agrupamiento
10': Experiencia POE sobre la espontaneidad de las reacciones (fase de Predicción). 20': Fase de observación y explicación sobre el potencial de celda y la energía de Gibbs. 10': Redacción sobre la explicación de la experiencia POE. 10': Aplicaciones galvanoplastia y anodización.	Lámina de zinc y cobre, disolución de SnCl ₂ y CuCl ₂ , dos vasos de precipitados. Proyector y ordenador	Fase de predicción individual. Fase de observación y explicación en grupos de 4-5 estudiantes. Última fase grupo-clase.
Evaluación		
Evaluación de las fichas de la experiencia POE.		

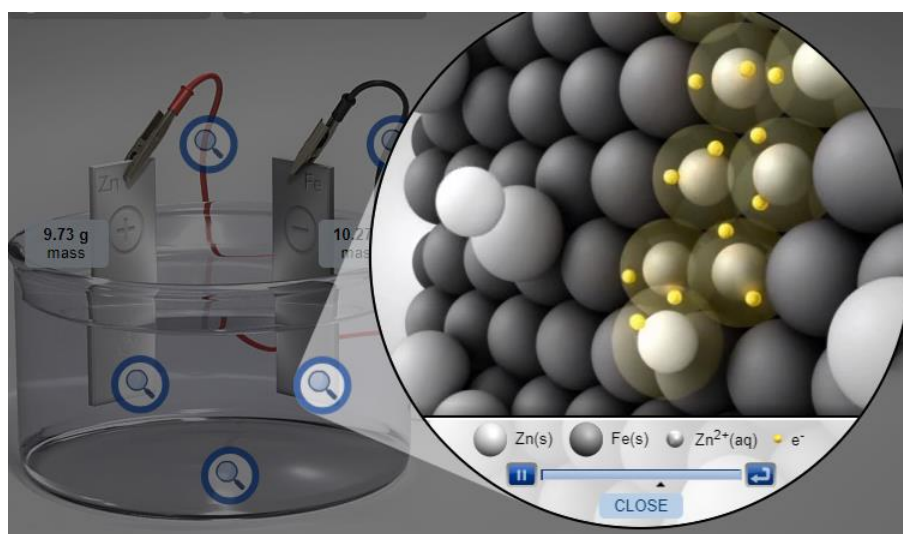
Fuente: elaboración propia.

- Actividad 4. Electroquímica y electrólisis (2 sesiones, 50' cada una)

En la primera sesión se visualizará una escena de la serie Breaking Bad en el aula, donde se explica la construcción de una celda galvánica (Gilligan, 2008). Se realizará un cuestionario sobre el vídeo observado y, una vez identificados los distintos componentes de celda, se reparten los componentes de la batería de un móvil falsos (preparados con cartulinas), y tendrán que explicar qué componentes tienen la misma función. Esta actividad permite que el alumnado relacione el contenido con la vida cotidiana, además de entender que hoy en día existen materiales de menor dimensión y adaptados a las necesidades de los dispositivos, como puede ser los papeles separadores en lugar de un puente salino.

En la segunda sesión, se introducirá el concepto de electrólisis y se llevará a cabo una experiencia POE (Anexo C). Tras la hipótesis individual, la observación y explicación se realizarán en grupos de 4-5 estudiantes a través del programa de simulación de la web Pearson (Figura 10), la cual les permitirá visualizar los cambios macroscópicos y microscópicos. Además, el programa también revela el dato numérico de la masa perdida o ganada en cada electrodo.

Figura 10. Vista microscópica de la simulación durante la Actividad 4.



Fuente: https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/html5/Electro/Electro.php

La Tabla 9 resume las características de esta actividad. Cabe destacar que las preguntas correspondientes al cuestionario relacionado con la visualización del vídeo se encuentran en el documento de la experiencia POE (Anexo C).

Tabla 9. Secuenciación de la Actividad 4.

Actividad 4. Electroquímica y electrólisis		Sesión
		5 y 6
Objetivos		C, CE y EAE
OD3, OD4		C3. CE 3. EAE 3.2. y 3.3. C5. CE5. EAE 5.
Actividad		Competencias trabajadas
Sesión 5. Video introductorio y realización cuestionario (Anexo C). Relacionar los componentes de una celda electroquímica con los de una batería moderna. Sesión 6. Se introducirá el concepto de electrólisis y llevará a cabo un ejercicio donde se utilizará una experiencia POE con simulación, de la web Pearson, de una celda y elaborará un informe grupal con los cálculos realizados relacionados con la electrólisis y las leyes de Faraday.		CCL CD CMCT
Temporalización	Recursos	Espacio y agrupamiento
Sesión 5. 25' Video introductorio donde se explica la construcción de una celda galvánica y cuestionario sobre el mismo. 25': Conocer similitudes de los componentes de la batería de un móvil con los de celda galvánica. Sesión 6. 15': Experiencia POE: fase de predicción individual 35': Fase observación y explicación grupal con simulación.	1 ordenador por grupo, cartulina.	Sesión 5: grupo-clase Sesión 6: grupos de 4-5, excepto hipótesis (individual).
Evaluación		
Evaluación de las fichas: cuestionario sesión 5 y experiencia POE sesión 6.		

Fuente: elaboración propia.

- Actividad 5. El almacenamiento de energía (1 sesión, 50')

Tal y como se detalla en la Tabla 10, se formarán grupos heterogéneos de 3-4 personas y a cada grupo se le dará un artículo de divulgación científica relacionado con las aplicaciones de las baterías y su importancia para el almacenamiento de energía proveniente de las fuentes de energía renovables.

Se trabajarán elementos transversales como el cuidado del medio ambiente, haciendo hincapié en la importancia de utilizar fuentes de energía renovable y describiendo las principales desventajas del uso de combustibles fósiles para el medio ambiente.

Tabla 10. Secuenciación de la Actividad 5.

Actividad 5. El almacenamiento de energía		Sesión
		7 y 8
Objetivos		C, CE y EAE
OD4, OD5.		C6. CE6. EAE 6.1.
Actividad		Competencias trabajadas
Se formarán grupos heterogéneos de 3-4 personas y a cada grupo se le dará un artículo de divulgación científica relacionado con las aplicaciones de las baterías y su importancia en las fuentes de energía renovables. Se trabajarán elementos transversales como el cuidado del medio ambiente.		AA CCL CD CMCT
Temporalización	Recursos	Espacio y agrupamiento
Sesión 7. 5': formación de grupos y distribución de temática por grupo 45': preparación de las presentaciones	Ordenador y proyector	Grupos de 3-4.
Sesión 8. 40': presentaciones de cada grupo. 10': coevaluación de cada grupo sobre el resto de grupos.		
Evaluación		
Diario de aula sesión 7 y coevaluación sesión 8.		

Fuente: elaboración propia.

- Examen (1 sesión, 50')

El examen constará de 4 ejercicios basados en la tipología de ejercicios que se realizan en el examen de acceso a la universidad y dos preguntas teóricas relacionadas con la composición de una celda galvánica y las aplicaciones de las reacciones redox.

3.3.6. Recursos

Los recursos materiales utilizados para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje son los mostrados en la Tabla 11. Además, el material como los libros de texto o el material del profesor se facilitará al estudiante en formato papel, aunque se fomentará en todo momento el uso de herramientas digitales y aplicaciones informáticas para reducir al mínimo el uso del papel. Es por ello que dichos documentos se recogerán también en el aula virtual, con el fin de que el alumnado pueda acceder a ellos en cualquier momento y se familiarice con estas herramientas.

Tabla 11. Recursos necesarios para cada actividad.

Actividad	Recursos materiales
1. Introducción a las reacciones redox	- Ordenador y proyector.
2. El camaleón químico	- NaOH. - KMnO ₄ . - Chupachups. - Agua destilada. - Dos vasos de precipitados y espátula. - Guantes. - Ordenador y proyector.
3. Espontaneidad de las reacciones redox.	- Lámina de zinc. - Lámina de cobre. - SnCl ₂ y CuCl ₂ . - Agua destilada. - Dos vasos de precipitados y espátula. - Guantes. - Ordenador y proyector.
4. Electroquímica y electrólisis.	- 1 ordenador o Tablet por grupo - Cartulina.
5. El almacenamiento de energía.	- 1 ordenador o Tablet por grupo - Proyector.
Recursos personales	
Profesor(a) de la asignatura	
Recursos espaciales	
Aula	

Fuente: elaboración propia.

El recurso personal requerido en este caso será el/la docente de la asignatura, mientras que, respecto a los recursos espaciales, el espacio de trabajo utilizado en todo momento será el aula, siempre y cuando las disoluciones se puedan llevar previamente preparadas y el docente sea quien realice el experimento para la fase de observación. Además, se recordará al alumnado las precauciones a tener en cuenta para el manejo de utensilios de laboratorio.

Como ya se ha mencionado, se fomentarán el uso de las TIC y del mundo digital, no solo como herramientas de información y comunicación, sino también para el desarrollo de capacidades y actividades, como el recurso digital de la web de Pearson para llevar a cabo una simulación.

3.3.7. Evaluación

La evaluación de la presente propuesta de intervención se puede clasificar en tres apartados, donde se muestran los criterios de evaluación que se llevarán a cabo:

- Evaluación inicial: en la primera actividad se llevará a cabo una heteroevaluación, ya que a través del diario de aula se evaluarán las ideas previas del alumnado respecto a las reacciones redox y la electroquímica. Estas observaciones no contarán en ninguno de los casos para la nota final.
- Evaluación procesual: durante el proceso de aprendizaje, se evaluarán dos aspectos que se tendrán en cuenta en la nota final:
 - Contenido procedimental (40%): se llevarán a cabo heteroevaluaciones a través de las correcciones de los informes de las experiencias POE basadas en la rúbrica de la Tabla 12. También se valorará la presentación realizada en la actividad 5 a través de la rúbrica mostrada en la Tabla 13. Además, el alumnado realizará una coevaluación del resto de presentaciones durante la actividad 5.

Tabla 12. Rúbrica para los informes de las experiencias POE.

	3	2	1
Fase de observación	Desarrolla una hipótesis de manera autónoma, y la redacta de manera ordenada y justificada.	Desarrolla una hipótesis de manera autónoma, pero falta justificación en la redacción	Trata de elaborar su hipótesis en función del resto de alumnos y no desarrolla el pensamiento crítico.
Fase de observación	Señala claramente qué se hizo para llevar a cabo el experimento, sigue un orden cronológico en la explicación de esta fase.	Señala qué se hizo para llevar a cabo el experimento, pero de una manera desordenada.	Menciona en pocas palabras lo observado, sin orden ni claridad.
Fase de explicación	Compara los resultados con la hipótesis, justificando los resultados obtenidos y relacionándolos con los conceptos teóricos aprendidos.	Compara los resultados con la hipótesis, justificando los resultados obtenidos y relacionándolos con los conceptos teóricos aprendidos.	Señala si los resultados coinciden con la hipótesis, sin explicar por qué.
Ortografía, puntuación y gramática	Uno o ningún error de ortografía, puntuación y gramática en el informe.	De dos a cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el informe.	Más de cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el informe.

Fuente: elaboración propia. Soporte de <http://rubistar.4teachers.org/index.php>.

Tabla 13. Rúbrica para las exposiciones orales.

	3	2	1
Contenido	Demuestra un buen entendimiento del tema y relaciona correctamente la teoría con la aplicación.	Demuestra un buen entendimiento de partes del tema y relaciona parte de la teoría con la aplicación.	No demuestra un buen entendimiento del tema ni relaciona parte de la teoría con la aplicación.
Comprensión	Contesta de manera clara las preguntas planteadas.	Contesta de manera clara algunas de las preguntas planteadas.	No consigue contestar de manera clara las preguntas planteadas.
Formato de la presentación escrita	Utiliza unas diapositivas claras y atractivas para el público.	Utiliza unas diapositivas con demasiada información y poco atractivas para el público.	Las diapositivas no acompañan a la presentación oral, lo cual no genera interés al público.
Presentación oral	Se expresa con un tono adecuado y dinámico. Utiliza un vocabulario técnico.	Se expresa con un tono adecuado y dinámico pero utiliza un vocabulario coloquial.	Utiliza un tono monótono y lento. Utiliza un vocabulario coloquial.

Fuente: elaboración propia. Soporte de <http://rubistar.4teachers.org/index.php>.

- Contenido actitudinal (10%): se tendrán en cuenta la puntualidad, asistencia, interés, esfuerzo, participación, colaboración y respeto.
- Evaluación final: para aprobar la unidad didáctica, se requiere aprobar el examen final:
 - Contenido conceptual (examen, 50%): Se tendrá en cuenta, además de los meros resultados numéricos, la correcta exposición de los hechos científicos a que se haga referencia, su razonamiento justificado y la adecuada aplicación. Para superar la prueba se debe conseguir al menos un 50% de los puntos.

Tal y como se ha descrito en el apartado destinado a la contextualización, a pesar de que no haya ninguna persona entre el alumnado con necesidades educativas especiales, se tendrá en cuenta el ritmo de aprendizaje y predisposición del alumnado a la hora de organizar los grupos para las diferentes actividades, atendiendo a la diversidad del aula.

Tabla 14. Clasificación de las herramientas de evaluación utilizadas según los criterios de evaluación.

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables	Actividad	Herramientas de evaluación
CE1. Determinar el número de oxidación de un elemento químico identificando si se oxida o reduce en una reacción química.	EAE1. Define oxidación y reducción relacionándolo con la variación del número de oxidación de un átomo en sustancias oxidantes y reductoras.	1	Examen
CE2. Ajustar reacciones de oxidación-reducción utilizando el método del ion-electrón y hacer los cálculos estequiométricos correspondientes.	EAE2. Identifica reacciones de oxidación-reducción empleando el método del ion-electrón para ajustarlas.	2	Examen
CE3. Comprender el significado de potencial estándar de reducción de un par redox, utilizándolo para predecir la espontaneidad de un proceso entre dos pares redox.	EAE 3.1. Relaciona la espontaneidad de un proceso redox con la variación de energía de Gibbs considerando el valor de la fuerza electromotriz obtenida.	3	Rúbrica para los informes de las experiencias POE. Examen
	EAE 3.2. Diseña una pila conociendo los potenciales estándar de reducción, utilizándolos para calcular el potencial generado formulando las semirreacciones redox correspondientes.	4	Rúbrica para los informes de las experiencias POE. Examen.
	EAE 3.3. Analiza un proceso de oxidación-reducción con la generación de corriente eléctrica representando una célula galvánica.	4	Rúbrica para los informes de las experiencias POE. Cuestionario sobre el vídeo (ANEXO). Examen
CE4. Realizar cálculos estequiométricos necesarios para aplicar a las volumetrías redox.	EAE 4. Describe el procedimiento para realizar una volumetría redox realizando los cálculos estequiométricos correspondientes.	2	Rúbrica para los informes de las experiencias POE. Examen
CE5. Determinar la cantidad de sustancia depositada en los electrodos de una cuba electrolítica empleando las leyes de Faraday.	EAE 5. Aplica las leyes de Faraday a un proceso electrolítico determinando la cantidad de materia depositada en un electrodo o el tiempo que tarda en hacerlo.	4	Rúbrica para los informes de las experiencias POE. Examen.
CE6. Conocer algunas de las aplicaciones de la electrolisis como la prevención de la corrosión, la fabricación de pilas de distinto tipos (galvánicas, alcalinas, de combustible) y la obtención de elementos puros.	EAE 6.1. Representa los procesos que tienen lugar en una pila de combustible, escribiendo las semirreacciones redox, e indicando las ventajas e inconvenientes del uso de estas pilas frente a las convencionales.	5	Rúbrica para las exposiciones orales. Examen.
	EAE 6.2. Justifica las ventajas de la anodización y la galvanoplastia en la protección de objetos metálicos.	3	Examen

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Real Decreto 1105/2014.

3.4. Evaluación de la propuesta

Para la evaluación de la propuesta de intervención, se llevará a cabo un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades, denominado análisis DAFO (Tabla 15).

Tabla 15. *Análisis DAFO de la propuesta de intervención.*

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">- Falta de motivación del profesorado- Falta de recursos materiales- Hace falta que el alumnado llegue a crear alguna hipótesis,	<ul style="list-style-type: none">- Puede que falten horas para afianzar conceptos- Falta de guía por parte del profesorado.- Falta de implicación en la vida cotidiana de algunas actividades.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">- Mayor afectividad del alumnado con la temática gracias a las actividades.- Posible competitividad sana entre el alumnado que potencie la motivación.- Formación en el método científico.- Favorece el pensamiento crítico.	<ul style="list-style-type: none">- Aprendizaje a intercambiar opiniones.- Cuestionario alumnado permite ir mejorando la propuesta.- Posibilidad de presentar curiosidad sobre baterías debido al uso de dispositivos móviles en la actualidad.

Fuente: elaboración propia.

Además, también se realizará una encuesta de satisfacción al alumnado para que valoren la propuesta de intervención, donde se tendrá en cuenta el punto de vista del estudiante en cuanto a: utilidad de las actividades para la comprensión de los conceptos, satisfacción a la hora de trabajar en grupo, o el papel del docente (Anexo D).

4. Conclusiones

La propuesta de investigación del presente trabajo pretende dar respuesta a la necesidad de elaborar una serie de actividades más atractivas para los estudiantes de 2º de Bachillerato, concretamente en la unidad didáctica “Reacciones de transferencia de electrones” de la asignatura de química. A través de actividades prácticas, basadas en experiencias POE, se plantea promover la motivación e interés del alumnado en esta temática. Por tanto, tras la elaboración del presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- Se ha conseguido diseñar una propuesta de intervención de la unidad didáctica “Reacciones de transferencia de electrones” a través de experiencias POE.
- Mediante la revisión bibliográfica realizada, se han resumido las principales dificultades de aprendizaje observadas en los últimos años respecto a los conceptos relacionados con las reacciones de oxidación-reducción y la electroquímica.
- Se ha llevado a cabo un análisis sobre las experiencias POE, desde su origen y desarrollo hasta las diferentes actividades propuestas en la literatura. Además, en la mayoría de los estudios analizados se pueden comparar los resultados de estudiantes habiendo llevado a cabo las experiencias POE respecto a las clases donde se ha impartido la clase de manera tradicional, viendo así la influencia positiva de estas actividades en el aula.
- La elaboración de distintas experiencias POE en este trabajo revela la posibilidad de relacionar los contenidos de la unidad didáctica con esta herramienta de aprendizaje. Aun así, cabe destacar que la efectividad de la presente propuesta debe valorarse completamente una vez se pueda llevar a cabo en las aulas, para poder analizar desde el punto de vista del profesorado y el alumnado cuáles son sus fortalezas y debilidades, y poder así mejorarlo a través de la experiencia.

A pesar de que, tal y como se ha mencionado anteriormente, la temática seleccionada es una de las más arduas desde la perspectiva tanto del alumnado como del profesorado, la elaboración de esta propuesta de investigación refleja la posibilidad de plantear la unidad didáctica desde un punto de vista más práctico y participativo. Cabe destacar, además, el desarrollo del pensamiento crítico del alumnado a través de este tipo de actividades, así como el trabajo de elaboración de informes en un lenguaje científico que podría servirles de ayuda a estudiantes de esta rama en un futuro.

5. Limitaciones y prospectiva

A pesar de haber logrado los distintos objetivos planteados en el presente trabajo, cabe destacar que la principal limitación se basa en no haber llevado la intervención a la práctica, ya que es una de las partes más importantes a tener en cuenta a la hora de evaluar una propuesta de intervención. Además, los instrumentos de evaluación considerados pueden no ser suficientes a la hora de evaluar al alumnado, ya que en la mayoría de las sesiones en las que no se realiza una experiencia POE, la evaluación se basará únicamente en el examen y el diario de aula.

Por otro lado, cabe destacar que los recursos materiales necesarios para llevar a cabo dos de las tres experiencias POE requieren de material de laboratorio, lo cual puede ser un impedimento si no se logran los materiales. Además, se ha mencionado la posibilidad de realizar las experiencias en el aula si las disoluciones ya están preparadas y las realiza el profesor, aunque este hecho puede contradecir las ideas del alumnado respecto a los posibles riesgos y amenazas que suponen realizar experimentos de laboratorio fuera de un aula dispuesta para tal función.

En cuanto a la elaboración de actividades, es importante mencionar que la propuesta de intervención se ha realizado con muy poca experiencia como docente. Además, esa experiencia se ha basado, sobre todo, en clases de refuerzo, donde lo que más se trabaja con el alumnado son ejercicios y tareas, y no actividades prácticas relacionadas con la unidad didáctica. Este hecho puede conllevar la necesidad de cierta modificación en la propuesta de intervención una vez llevada a cabo en las aulas, bien por la falta de interés del alumnado, ya que puede que su objetivo principal en 2º de Bachillerato esté muy enfocado a las calificaciones y ello puede conllevar falta de interés en las actividades, o por la falta de tiempo en las sesiones.

Por último, teniendo en cuenta la contextualización planteada, no se ha requerido de material adicional para alumnado con necesidades educativas especiales y dicho material es esencial para que la propuesta de investigación se lleve a la práctica y pueda atender a las necesidades de todas las personas del aula.

Las limitaciones mencionadas también promueven el planteamiento de las siguientes vías de investigación o prospectivas para esta propuesta de investigación:

- Indudablemente, el siguiente paso primordial para dar luz a la evaluación y conclusiones de la propuesta es llevarlo a la práctica y conocer la viabilidad de la misma.
- Siguiendo con la prospectiva anterior, la evaluación de la propuesta, los resultados obtenidos y las anotaciones del profesorado podrían ser tratados y analizados para recogerlos en una publicación científica, y poder así aportar dicha información a la comunidad educativa.
- Elaborar material adicional para el alumnado con necesidades educativas especiales.
- Ampliar la actividad relacionada con la construcción de baterías y poder darle un carácter multidisciplinar, a través de pequeñas investigaciones entre las asignaturas de física, química y matemáticas, por ejemplo.
- Plantear la posibilidad de recurrir más a las actividades POE a través de la simulación, en el caso de no tener los recursos materiales suficientes o de ver que el alumnado presenta una mayor motivación trabajando a través de programas de simulación.
- Incluir una salida pedagógica en la propuesta, donde el alumnado pueda asistir a un centro de investigación donde desarrollen materiales para la corrosión o para los componentes de nuevas tecnologías de baterías.

Referencias bibliográficas

- Adu-Gyamfi, K., Ampiah, J. G. y Agyei, D. D. (2018). Teachers' problems of teaching of oxidation-reduction reactions in high schools. *European Journal of Education Studies*, 5(5), 53-71. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1471731>
- Akram, M., Surif, J. B. y Ali, M. (2014). Conceptual difficulties of secondary school students in electrochemistry. *Asian Social Science*, 10(19), 276. <http://dx.doi.org/10.5539/ass.v10n19p276>
- Alexander, D., Haysom, J. y Bowen, M. (2010). *Predict, observe, explain: Activities enhancing scientific understanding*. NSTA Press.
- Ametller, J., Caamaño, A., Cañal, P., Couso, D., Gallástegui, J. R., Jiménez, M. D. P., Justi, R., Pintó, R., Pro, A. J., y Sanmartí, N. (2011). *Didáctica de la física y la química*. Graó.
- Bauman, Z. (2015). *Los retos de la educación en la modernidad líquida* (Vol. 880004). Editorial Gedisa.
- Brines, A., Solaz, J. J. y Sanjosé, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 107-127. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1758>
- Cañón, G. P. y Sarria, M. P. (2020). Experiencias prácticas para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas. *Educació química*, 49-55. <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.206>
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. y Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of physics*, 48(12), 1074-1079.
- Coca, D. M. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), 215-235. <https://doi.org/10.5944/educXX1.14016>
- Cole, M. H., Rosenthal, D. P. y Sanger, M. J. (2019). Two studies comparing students' explanations of an oxidation–reduction reaction after viewing a single computer animation: the effect of varying the complexity of visual images and depicting water molecules.

Chemistry Education Research and Practice, 20(4), 738-759.
<https://doi.org/10.1039/C9RP00065H>

Decreto 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, 120, de 22 de mayo de 2015, 31-123.
<https://www.bocm.es/boletin/CM Orden BOCM/2015/05/22/BOCM-20150522-3.PDF>

Ebenezer, J., Chacko, S., Kaya, O. N., Koya, S. K. y Ebenezer, D. L. (2010). The effects of common knowledge construction model sequence of lessons on science achievement and relational conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(1), 25-46.
<https://doi.org/10.1002/tea.20295>

Educagob. (s.f.). *Competencias clave*. Ministerio de Educación y Formación Profesional.
<https://educagob.educacionyfp.gob.es/curriculo/curriculo-actual/competencias-clave.html>

Gilligan, V. (2008). *Breaking Bad: Cuatro días fuera*. Netflix, temporada 2, episodio 9, 35:08-40:20.

Goes, L. F., Nogueira, K. S. y Fernández, C. (2020). Limitations of Teaching and Learning Redox: A Systematic Review. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(5), 698-718.
<https://doi.org/10.33225/pec/20.78.698>

Gunstone, R. F. y White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science education*, 65(3), 291-299.

Haigh, M., France, B. y Gounder, R. (2012). Compounding confusion? When illustrative practical work falls short of its purpose—A case study. *Research in Science Education*, 42(5), 967-984. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9226-5>

Hernández, G. y López, N. M. (2011). Precedir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias. *Educació química*, 9, 4-12.
<https://doi.org/10.2436/20.2003.02.63>

- Hilario, J. S. (2015). The use of Predict-Observe-Explain-Explore (POEE) as a new teaching strategy in general chemistry laboratory. *International Journal of Education and Research*, 3(2), 37-48.
- Insausti, L. y Echeverría, J. (2013). Ver para creer: un nuevo enfoque en el aprendizaje de los procesos redox. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra del IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias), 1778-1783.
- Karamustafaoğlu, S. y Mamlok-Naaman, R. (2015). Understanding electrochemistry concepts using the predict-observe-explain strategy. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 923-936. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1364a>
- Karsli, F. y Çalik, M. (2012). Can Freshman Science Student Teachers' Alternative Conceptions of 'Electrochemical Cells' Be Fully Diminished?. *Asian Journal of Chemistry*, 24(2), 485.
- Kearney, M., Treagust, D. F., Yeo, S. y Zadnik, M. G. (2001). Student and teacher perceptions of the use of multimedia supported predict-observe-explain tasks to probe understanding. *Research in Science Education*, 31(4), 589-615. <https://doi.org/10.1023/A:1013106209449>
- Kelly, R. M., Akaygun, S., Hansen, S. J. R. y Villalta-Cerdas, A. (2017). The effect that comparing molecular animations of varying accuracy has on students' submicroscopic explanations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 582-600. <https://doi.org/10.1039/C6RP00240D>
- Kibirige, I., Osodo, J. y Tlala, K. M. (2014). The effect of predict-observe-explain strategy on learners' misconceptions about dissolved salts. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(4), 300-300. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n4p300>
- Kurniawan, R. A., Kurniasih, D. y Jukardi. (2017). Board and card games for studying electrochemistry: Preliminary research and early design. En *AIP Conference Proceedings* 1911(1), 020003. AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/1.5015996>
- Lee, S. J. (2007). Exploring students' understanding concerning batteries - Theories and practices. *International Journal of Science Education*, 29(4), 497-516. <https://doi.org/10.1080/09500690601073350>

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo de Educación. Boletín Oficial del Estado, 106, de 4 de mayo de 2006, 17158-17207. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2/dof/spa/pdf>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>
- Liew, C. W. y Treagust, D. F. (1998). The effectiveness of predict-observe-explain tasks in diagnosing students' understanding of science and in identifying their levels of achievement. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED420715.pdf>
- Lin, H. S., Yang, T. C., Chiu, H. L. y Chou, C. Y. (2002). Students' difficulties in learning electrochemistry. *Proceedings-National Science Council Republic of China, Part D Mathematics, Science and Technology Education*, 12(3), 100-105.
- López, M. D. M., López, G. y Rojano, S. (2018). Uso de un simulador para facilitar el aprendizaje de las reacciones de óxido-reducción. Estudio de caso Universidad de Málaga. *Educación química*, 29(3), 79-98. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63728>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2013). *Pisa 2012. Informe español* (Boletín de educación nº 21). Instituto Nacional de Evaluación Educativa. <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/pisa/pisa-2012.html>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016). *Pisa 2015. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español*. Secretaría General Técnica. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=18204
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2019). *Pisa 2018. Programa para la evaluación internacional de los estudiantes. Informe español*. Secretaría General Técnica. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=20372
- Mthembu, Z. y George, K. (2001). Using the predict-observe-explain technique to enhance the students' understanding of chemical reactions (Short Report on pilot study). En *Australian Association for Research in Education (AARE) Annual Conference*.

- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science education*, 86(4), 548-571. <https://doi.org/10.1002/sce.10032>
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 25, de 29 de enero de 2015, 6986-7003. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>
- Ortiz, A. (2015). Metodología para configurar el modelo pedagógico de la organización educativa. *Un debate sobre la formación, la enseñanza y el aprendizaje*. Editorial de la Universidad del Magdalena.
- Osman, K. y Lee, T. T. (2014). Impact of interactive multimedia module with pedagogical agents on students' understanding and motivation in the learning of electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2), 395-421. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9407-y>
- Österlund, L. L., Berg, A. y Ekborg, M. (2010). Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe?. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 182-192. <https://doi.org/10.1039/C005467B>
- Prolongo, M., y Pinto, G. (2018). Colourful Chemistry: Redox Reactions with Lollipops. *Science in School*, 43, 41-45.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015, 169-546. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>
- Salgado, B. G. y Puente, C. L. (2016). Enseñanza-aprendizaje de la electroquímica con analogías: una experiencia en el aula. *Tabanque: Revista pedagógica*, 29, 189-206.
- Sanmartín, B., Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V. (2014). Una aproximación a las concepciones de estudiantes preuniversitarios y universitarios sobre pilas galvánicas. *Educación química*, 25(2), 139-147.

- Sesen, B. A. y Tarhan, L. (2013). Inquiry-based laboratory activities in electrochemistry: High school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education*, 43(1), 413-435. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9275-9>
- Solaz-Portolés, J. J., Sanmartín, B. y Sanjosé, V. (2013). Ideas de los estudiantes sobre pilas galvánicas y libros de texto de Química de Bachillerato. *Química Viva*, 12(1), 50-60.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.
- Treagust, D. F., Mthembu, Z. y Chandrasegaran, A. L. (2014). Evaluation of the predict-observe-explain instructional strategy to enhance students' understanding of redox reactions. En *Learning with understanding in the chemistry classroom* (pp. 265-286). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4366-3_14
- White, R. y Gunstone, R. (1992). Prediction-observation-explanation. En R. White and R. Gunstone (eds), *Probing Understanding*, (pp. 44-64). The Falmer Press.

Anexo A. Plantilla POE Actividad 2.

EXPERIENCIA PREDECIR-OBSERVAR-EXPLICAR.

REACCIÓN DEL CAMALEÓN QUÍMICO.

HIPÓTESIS

¿Qué crees que ocurrirá cuando metemos un chupachups en una disolución de KMnO_4 ? ¿Por qué?

**Nota: puede que esta información te sea útil:*

<i>Color</i>	<i>Estado de oxidación del Mn</i>
<i>Amarillo-marrón</i>	<i>4</i>
<i>Azul</i>	<i>5</i>
<i>Verde</i>	<i>6</i>
<i>Púrpura</i>	<i>7</i>

OBSERVACIÓN

Detalla el material utilizado, el procedimiento experimental y lo que has observado.

CONCLUSIÓN

¿Ha ocurrido lo que esperabas? ¿Por qué/por qué no?

Explica cómo realizarías una volumetría redox para calcular la cantidad de glucosa en el chupachups.

Anexo B. Plantilla POE Actividad 3.

EXPERIENCIA PREDECIR-OBSERVAR-EXPLICAR.
ESPONTANEIDAD DE LAS REACCIONES REDOX.

HIPÓTESIS

¿Qué crees que ocurrirá en cada uno de los vasos?

Vaso 1: Disolución de SnCl_2 a la que se le añadirá una lámina de Cu.

Vaso 2: Disolución de CuCl_2 a la que se le añadirá una lámina de Zn.

**Nota: puede que esta información te sea útil:*

	E^0 (V)
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	0.34
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}$	-0.14
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.76

OBSERVACIÓN

Detalla el material utilizado, el procedimiento experimental y lo que has observado.

CONCLUSIÓN

¿Ha ocurrido lo que esperabas? ¿Por qué/por qué no?

Anexo C. Plantilla Actividad 4.

ELECTROQUÍMICA Y ELECTRÓLISIS.

CUESTIONARIO. Responde las siguientes cuestiones después de ver el vídeo:

- ¿Qué utilizan como cátodo y ánodo?
- ¿Qué es el electrolito y dónde lo añaden? ¿Por qué?
- ¿Cómo definirías el concepto de celda electroquímica?

EXPERIENCIA PREDECIR-OBSERVAR-EXPLICAR.

Tomamos una lámina de cinc como electrodo positivo y una de hierro como electrodo negativo, en una disolución de $Zn(NO_3)_2$. Cuando está todo conectado al amperímetro, aplicamos 4.5 A durante 20 minutos.

HIPÓTESIS: *¿Qué crees que pasará?*

OBSERVACIÓN: *Utiliza el siguiente link:*

https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/html5/Electro/Electro.php *para realizar la simulación de lo descrito en la actividad. Obsérvalo a escala macroscópica y microscópica. ¿Qué es lo que sucede?*

CONCLUSIÓN

¿Ha ocurrido lo que esperabas? ¿Por qué/por qué no?

Anexo D. Cuestionario al alumnado tras la intervención

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN ANÓNIMA

¡Tus respuestas y comentarios nos ayudarán a mejorar esta unidad didáctica para las siguientes generaciones! Te agradeceremos que escribas todas las sugerencias y comentarios constructivos que se te ocurran.

Valora del 1 al 5 las siguientes cuestiones, siendo 1 muy en desacuerdo y 5 muy de acuerdo.

	Valoración
- Las actividades en grupo hacen que me guste más la asignatura.	
- Aprendo más cuando preparamos trabajos en grupo.	
- He tenido suficiente tiempo para prepararme el examen.	
- Las experiencias POE hacen que te acuerdes del temario.	
- Me ha costado generar hipótesis en las experiencias POE.	
- El profesor/la profesora nos ha ayudado cuando no se nos ocurría nada en las experiencias POE.	
- Me ha gustado utilizar el simulador, me ha ayudado a entender las leyes de Faraday.	

Propuestas de mejora: