

**Universidad Internacional de La Rioja**  
**Facultad de Educación**

**Trabajo fin de máster**

**Enseñanza de la  
Electroquímica mediante  
Aprendizaje Basado en  
Problemas en Bachillerato**

**Presentado por:** Alejandra Delgado Pérez  
**Tipo de trabajo:** Propuesta de Intervención  
**Director/a:** Diego Ardura

**Ciudad:** Bilbao  
**Fecha:** 24 de marzo de 2017

## **RESUMEN**

La electroquímica es un área de la química que se introduce en el bachillerato y que supone un desafío educativo para muchos profesores y alumnos. Durante años se ha enseñado química en 2º de Bachillerato focalizada a la superación de la prueba de acceso a la universidad, mediante una enseñanza tradicional. Numerosos autores exponen la dificultad del proceso de enseñanza-aprendizaje de esta materia, y profundizan en los conceptos de la química que resultan más difíciles de transmitir y aprender. Sobre esta realidad y como alternativa a la enseñanza tradicional, en el presente trabajo se realiza una propuesta didáctica con el desarrollo de una unidad didáctica del bloque de Electroquímica mediante la metodología de aprendizaje basado en problemas. Mediante esta propuesta se quiere centrar la docencia en el alumno, dejándole espacio para la iniciativa, la investigación y la gestión de su propio aprendizaje, y convirtiendo al profesor en guía de este proceso.

**DESCRIPTORES/PALABRAS CLAVE:** ABP, Aprendizaje Basado en Problemas, Electroquímica, Didáctica de la Química.

## **ABSTRACT**

Electrochemistry is a branch of chemistry that it is introduced at a high school level. Researchers and teachers highlighted the difficulties that the teaching-learning process of some electrochemistry concepts involves, and the need of improving it. Nowadays, chemistry teaching is based in traditional teaching, and in this thesis a novel methodology in electrochemistry teaching is proposed. Problem based learning lesson is designed in order to give students more confidence, make them the principal actor of their learning process and giving teacher a different role, serving as a guidance to students who would occupy the center of the learning process.

**KEYWORDS:** PBL, Problem Based Learning, Electrochemistry, Chemistry Teaching.

## **INDICE**

Tablas y Figuras	5
1. Justificación y planteamiento del trabajo	6
1.1 Objetivos	8
1.2 Estructura del trabajo	9
2. Marco Teórico	9
2.1 El currículo de Química en Bachillerato	9
2.1.1 Contribución de la Química al desarrollo de competencias básicas	11
2.1.2 Dificultades del aprendizaje de contenidos de Electroquímica	12
2.2 Aprendizaje basado en Problemas (ABP)	14
2.2.1 Proceso de planificación del ABP	15
2.2.2 Desarrollo del proceso de ABP	16
2.2.3 ABP versus enseñanza tradicional	17
2.2.4 El ABP y el desarrollo de las competencias del alumno	17
2.2.5 El ABP y los requerimientos del profesor	19
2.3 Relación entre el diseño de proyectos y el currículo	20
3. Propuesta Didáctica	21
4. Conclusiones	45
5. Limitaciones y Prospectiva	49
6. Bibliografía	51
7. Anexos	54

Anexo 1. Tabla de Valores de Potencial normal de reducción.	54
Anexo 2. Fundamento teórico sobre la pila galvánica	55
Anexo 3. Esquemas de Tipos de Pilas	57
Anexo 4. Batería de Limón	58
Anexo 5. Normativa para la Seguridad en el laboratorio	59
Anexo 6. Teoría sobre las leyes de Faraday	61

## **Índice de Tablas:**

Tabla 1. Contenido y criterios de evaluación de Química de 2º de Bachillerato (Elaborado a partir del Decreto 127/2016).....	10
Tabla 2. Las competencias del alumno con ABP (adaptado de Fundación Telefónica).....	18
Tabla 3. Lista de conceptos de electroquímica.....	31
Tabla 4. Pares redox proporcionadas a los alumnos para que realicen las simulación.....	34
Tabla 5. Ejemplo de palabras clave y resultados proporcionados por Google.....	36
Tabla 6. Descripción de los tipos de pilas, sus componentes y uso.....	37

## **Índice de Figuras:**

Figura 1. Desarrollo del Proceso de ABP (Morales y Landa, 2004).....	16
Figura 2. Representación de una Pila Daniel.....	33
Figura 3. Simulación de una celda electroquímica obtenido de la página web de salvadorhurtado©.....	34
Figura 4. Tipos de pilas comerciales.....	35
Figura 5. Simulación de la electrólisis recuperada de la página web de la Universidad de Iowa (EEUU).....	42

## **1. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO**

El siglo XXI viene acompañado de grandes avances en materia de nuevos materiales, nuevas formas de obtención de energía, nuevos alimentos funcionales, avances en la medicina, nuevos tejidos, entre otros, y éste progreso introduce a la humanidad en una era de nuevos desafíos en materia de desarrollo tecnológico y de avance del conocimiento (EPCA, 2017). En esa esfera de conocimiento el papel de la química es multidisciplinar, es decir, la química aporta progreso en diferentes disciplinas del saber, desde la alimentación, la agricultura, la ingeniería, la medicina, el medioambiente (EPCA, 2017). Por tanto, ésta generación emplea en su vida cotidiana elementos obtenidos tras años de investigación y avance científico. Por ejemplo, el uso de productos de higiene personal con conservantes inocuos para el medio ambiente, la compra de un producto lácteo sin lactosa o la prescripción médica de un medicamento de liberación prolongada gracias al uso de nuevos métodos de microencapsulación de fármacos (EPCA, 2017).

El avance científico está en nuestras manos, y el conocimiento de conceptos y mecanismos básicos de química que expliquen estas aplicaciones de la química contribuye a la generación de una cultura científica por parte de la sociedad. Gran parte de la generación del conocimiento y comprensión científica de la realidad que nos rodea se cultiva en los centros de enseñanza de secundaria y bachillerato (Eurydice, 2011).

Actualmente las clases de química en la etapa de bachillerato van muy enfocadas a la preparación de la prueba de acceso a la universidad (PAU) (LOE, 2006), y resulta difícil encontrar centros de enseñanza donde se plantee la enseñanza de la química desde un método distinto a los enfoques expositivos tradicionales. Por tanto, el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de química, se enfoca como un entrenamiento en la resolución de problemas químicos, donde el alumno adquiere cierta destreza en la resolución de los mismos que le permitan superar cómodamente la PAU. Este hecho refleja cierto distanciamiento por lo recomendado desde instituciones europeas (Eurydice, 2011) y desde el plan Nacional de Ciencia e Innovación (LOMCE, 2006).

Ésta realidad podría estar influyendo la falta de motivación del alumnado por la elección de las asignaturas de física y química en bachillerato. Cada año disminuye el número de alumnos que eligen la asignatura de física y química en 1º de bachillerato y, química y física en 2º de bachillerato. Llevándose la peor tendencia la asignatura de física. Esta tendencia refleja un desencanto por las asignaturas de ciencias motivados por la falta de conexión con la realidad, la dificultad en los conceptos, entre otros motivos (Méndez-Coca, 2015).

La metodología docente ha sufrido pocas variación es en los últimos años, lo que sugiere la hipótesis de que para alcanzar una cultura científica acorde a la era en la que vivimos se requieren métodos de enseñanza que abran la puerta al alumno a formas de conocer distintas, que generen conocimiento, que acerquen al alumno a la vida cotidiana y que le aporte explicaciones acordes a la realidad en la que viven (Eurydice, 2011). De entre las múltiples metodologías que se encuentran a disposición del profesorado, el aprendizaje basado en problemas (ABP) ocupa un lugar importante en la didáctica de la física y química (Morales, 2008).

El método ABP o PBL del inglés (Problem Based Learning) es una metodología didáctica de enseñanza-aprendizaje donde el profesor, a partir del planteamiento de un problema real, enfrenta a los alumnos al desarrollo de habilidades que les ayude a su resolución. Habilidades como el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación, entre otras (Morales y Landa, 2004).

La metodología didáctica del ABP centra el aprendizaje en el alumno, y el profesor se convierte en mero acompañante en el proceso. Además provoca en el alumnado una curiosidad por descifrar el significado del problema y llegar a una solución real que les acerque a comprender la realidad que les rodea. En el caso del aula de física y química los problemas elegidos para el desarrollo de la unidad didáctica deben estar muy cerca de la vida cotidiana del alumno, de modo que despierte su curiosidad.

Ésta ha sido la motivación para el planteamiento de éste trabajo fin de máster. El cuál resulta muy ambicioso debido a las pocas unidades didácticas encontradas en bibliografía planteadas desde la metodología del ABP (Morales, 2004;

Morales, 2008). Y se plantea el aprendizaje basado en problemas porque resulta ser una metodología que despierta la curiosidad del alumnado por resolver un problema concreto, cercano a la realidad y en el que el alumno se convierte en agente activo de su aprendizaje (Pasmanik, 2005; Tarhal, 2007) y donde se trabajan de manera transversal competencias recogidas en la actual ley de educación (Ley Orgánica 8/2013).

Por tanto se plantean los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivos del trabajo**

#### Objetivo General

Estudiar la metodología didáctica del ABP para innovar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la electroquímica a nivel de 2º de Bachillerato.

#### Objetivos Específicos

- Estudiar la metodología ABP como alternativa a la enseñanza tradicional de la Química en Bachillerato.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre las dificultades que presenta la enseñanza de la electroquímica.
- Diseñar una unidad didáctica para trabajar la electroquímica en 2º curso de Bachillerato.

### **1.2. Estructura del trabajo**

El trabajo de fin de máster es una propuesta de intervención con los siguientes apartados. Fundamentado sobre un marco teórico se establecen las bases del ABP y las dificultades de la enseñanza de la electroquímica en bachillerato. En la propuesta de intervención se planteará una unidad didáctica de esa materia donde se contempla el contenido, la temporalización y la evaluación de la materia según el ABP. Y a continuación se plantearán las conclusiones del trabajo y por último las limitaciones de la propuesta y la perspectiva del mismo.



## **2. EL MARCO TEÓRICO**

### **2.1 El currículo de Química en Bachillerato**

Los estudios de Bachillerato vienen recogidos en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa. Y por el decreto 127/2016, de 6 de septiembre, se establece el currículo del Bachillerato y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco. En dicha Comunidad Autónoma se está desarrollando un plan para el desarrollo del modelo educativo pedagógico “Heziberri 2020” donde se busca avanzar en las reformas educativas para garantizar la integración de las aptitudes transversales en todos los planes de estudio. En dicho marco educativo se enuncia la finalidad del currículo del Bachillerato, se recoge que la finalidad de los estudios de Bachillerato es proporcionar al alumno formación, madurez intelectual y humana, así como conocimientos y destrezas que le permita progresar en su desarrollo personal y social e incorporarse a la educación superior (Heziberri, 2020).

En el currículo se plantea la asignatura de Química como instrumento de aprendizaje de los principios fundamentales que rigen la naturaleza, y busca ser la base del conocimiento científico multidisciplinar, junto con otras áreas de conocimiento como son la física, la biología, la geología. Durante los estudios de bachillerato en la modalidad de Ciencias Experimentales, la asignatura de química de 2º curso se divide en 9 bloques temáticos (LOMCE, 2016). Y en la Tabla 1 se describen los bloques y los criterios de evaluación de los mismos:

Tabla 1 Contenido y criterios de evaluación de Química de 2º de Bachillerato  
(Elaborado a partir del Decreto 127/2016)

<b>Bloque</b>	<b>Contenido</b>	<b>Criterios de Evaluación Generales</b>
Bloque 1:	Contenidos comunes	
Bloque 2:	Transformaciones energéticas	Explicar los cambios de energía y espontaneidad de las reacciones químicas aplicando el 1º y 2º principios de la termodinámica y valorando las implicaciones de los aspectos energéticos de un proceso químico en la salud, la economía y el medioambiente.
Bloque 3:	El equilibrio químico	Predecir, de forma cualitativa, la evolución de un sistema químico y resolver ejercicios y problemas relativos a los equilibrios químicos aplicando el concepto dinámico del equilibrio químico y analizando algunos procesos industriales relevantes.
Bloque 4:	Ácidos y bases	Explicar las reacciones ácido-base y la importancia práctica de alguna de ellas aplicando la teoría de Brønsted-Lowry.
Bloque 5:	Electroquímica	Resolver problemas de oxidación-reducción y explicar algunas de sus aplicaciones prácticas utilizando el concepto de potencial estándar de reducción.
Bloque 6:	Estructura atómica	Explicar las variaciones periódicas de algunas de las propiedades del átomo, aplicando el modelo mecánico-cuántico.
Bloque 7:	Enlace químico	Explicar la formación de moléculas, cristales y estructuras macroscópicas así como algunas de las propiedades generales de diferentes tipos de sustancias utilizando el modelo de enlace.
Bloque 8:	Funciones orgánicas	Justificar las propiedades físicas y químicas de los principales compuestos orgánicos.
Bloque 9:	Proyecto de investigación	Diseñar y realizar investigaciones y prácticas de laboratorio o de campo aplicando la metodología del trabajo científico, valorando su ejecución e interpretando los resultados.

Además se recogen criterios de evaluación que tienen relación con el desarrollo de estrategias básicas para el trabajo científico, la realización de prácticas de

laboratorio o de campo, el uso apropiado del lenguaje científico, y la aplicación del desarrollo científico en los avances tecnológicos.

En dicho decreto se plantea el carácter propio de una ciencia experimental como la química, y promueve que las actividades planteadas en el aula recojan ese carácter y faciliten a los alumnos llevar a cabo el desarrollo de competencias en torno a la actividad científica y tecnológica. De modo que la metodología didáctica empleada en el aula se vea enfocada a conseguir estos fines (LOMCE, 2016). El empleo de la metodología de aprendizaje basado en problemas se plantea como adecuada para trabajar las competencias planteadas en el decreto de ley. A continuación se describen las competencias que se desarrollan en la asignatura de química en bachillerato.

### **2.1.1 Contribución de la Química al desarrollo de competencias básicas**

Durante el periodo de Bachillerato se espera de los alumnos que alcancen las siguientes competencias educativas de carácter general: aprender a vivir responsablemente(1), aprender a aprender y a pensar(2), aprender a comunicarse(3), aprender a vivir juntos(4), aprender a desarrollarse como persona(5) y aprender a hacer y emprender(6).

En función del itinerario elegido por el alumnado se alcanzarán las competencias en mayor o menor grado, siendo algunas transversales a todas las modalidades del Bachillerato: competencia para aprender a aprender(7), competencia en el tratamiento de la información y competencia digital(8), competencia social y ciudadana(9), competencia para la autonomía e iniciativa personal(10).

Otras competencias básicas interdisciplinares, que se desarrollan mediante las asignaturas de modalidad y que son optativas en el Bachillerato son: competencia en cultura científica, tecnológica y del conocimiento(11), competencia matemática(12), competencia cultural humanística y artística(13). Además existe una competencia que es tanto transversal como interdisciplinar, y es la competencia en comunicación lingüística(14).

La principal aportación a las competencias en Bachillerato en la asignatura de Química es la comprensión científica del mundo que nos rodea, y la identificación del papel de la ciencia en el bienestar social y al desarrollo tecnológico de la sociedad, es decir la competencia. Además el conocimiento de la asignatura de química introduce al alumno en la experiencia de la actividad científica y tecnológica.

Para el desarrollo de competencias transversales la didáctica de la materia es fundamental, es el caso del ABP, que será potencialmente la herramienta a través de la cual los alumnos desarrollen dichas competencias (7, 8, 9 y 10). Además la competencia matemática se presupone, ya que es necesario el dominio de ciertas herramientas de cálculo (logaritmos, ecuaciones de segundo grado, etc.) para afrontar la asignatura de química.

Según el planteamiento de las actividades en el ABP se plantearán acciones de comunicación de resultados, de exposición oral del procedimiento etc. que contribuyen al desarrollo de la competencia lingüística de los alumnos.

### **2.1.2 Dificultades del aprendizaje de contenidos de Electroquímica**

El estudio de la asignatura de química favorecerá el desarrollo de competencias, pero los alumnos tendrán que hacer frente a conceptos nuevos en el temario como es el bloque 5 de Electroquímica. Autores como Nakhleh (1992), Ogude (1994) y Ozkaya (2002) plantean el estudio de conceptos de electroquímica como de los más difíciles dentro del proceso enseñanza-aprendizaje de la química. En Akram (2014) se realiza una revisión de bibliografía en cuanto a contenidos de química y se plantean tres conceptos: el equilibrio químico, el mol y las reacciones de oxidación-reducción como los temas más difíciles de afrontar por el docente y de aprender por el alumno (Finley, Steward and Yaroch, 1982).

Akram (2014) también realiza un estudio cualitativo de los conceptos de electroquímica que mayor dificultad presentan a alumnos de secundaria y bachillerato. Entre los más de 30 conceptos de electroquímica estudiados los más difíciles son:

- Reacción redox
- Agente oxidante y agente reductor
- Mecanismo de electrolisis y su aplicación práctica
- Conducción de la electrolisis por iones
- Producto obtenido en el cátodo y en el ánodo

Profundizando en la dificultad de asimilar conceptos electroquímicos a nivel de secundaria y bachillerato, Ding, Treagust y Chandrasegaran (2012) realizan un trabajo de investigación aplicando un instrumento de diagnóstico para asegurarse que los alumnos aprenden y asimilan al menos 19 conceptos principales de electroquímica. Para ello emplean un test múltiple cuyas respuestas presentan conceptos similares, y la corrección del mismo le aporta una herramienta de diagnóstico sobre los conceptos que han asimilado mejor sus alumnos. Estudios similares los llevaron a cabo Acar y Tarhan (2007), así como Garnett y Treagust (1992). Estos estudios inciden en la dificultad del proceso de estudio-aprendizaje de ciertos conceptos de electroquímica, y subrayan algunos aspectos que dificultan su aprendizaje, como son la actitud de los estudiantes hacia la naturaleza de las ciencias, y también su actitud frente al ambiente de aprendizaje (Ding, 2012).

Dada la dificultad de la materia Acar y Tarhan (2013) plantean didácticas diversas para mejorarla actitud del alumnado en el aprendizaje de la electroquímica. A través de actividades de laboratorio basadas en problemas la actitud frente al aprendizaje de los alumnos se ve favorecida. Y esta didáctica posee gran potencial para el desarrollo de habilidades por parte de los alumnos. Algunas como la correcta orientación de cuestiones científicas, la recogida y análisis de datos, la formulación de hipótesis, el diseño y proceso de investigaciones científicas, así como la formulación de conclusiones y la exposición de las mismas (Acar y Tarhan, 2013).

Günter y Alpat (2013) plantean el ABP en el estudio de electroquímica a nivel universitario y obtienen mejoras en la actitud y el rendimiento académico de los alumnos. Basan la aplicación del ABP en tres aspectos: el aprendizaje colaborativo, el auto-aprendizaje y el aprendizaje de calidad. Competencias

recogidas en el decreto de bachillerato y que resultan interesante implementarlas antes de la etapa universitaria.

Acar y Turhim (2013) plantean también el uso del ABP en el aprendizaje de la electroquímica obteniendo buenos resultados, pero planteando algunas dificultades al final del proceso: la adecuada guía del profesor incidiendo en conceptos fundamentales de la electroquímica, el uso de ejemplos adecuados, la dificultad de los alumnos de gestionar su aprendizaje y por último la calificación del aprendizaje, que puede dar lugar a peores calificaciones en algunos casos.

Estos trabajos contrastados en el aula proponen la didáctica de la electroquímica a través del ABP como una herramienta con gran potencial de mejora de la actitud del alumnado frente al aprendizaje. Además suponen didácticas alejadas de la metodología tradicional centrada en los conocimientos del profesor y fomentan el desarrollo de competencias del alumnado. Por lo que este trabajo se centrará en proponer en éste tipo de didáctica en el aula de química de 2º de Bachillerato.

## **2.2 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**

La metodología del ABP proviene de los años sesenta cuando Postman y Weingartner (1969) proponían un modelo de enseñanza alejado de la tradicional clase magistral con el fin de que los alumnos desarrollaran su capacidad creativa a través de preguntas y reflexiones. Actualmente, autores como Morales y Landa (2004) plantean el ABP como un acercamiento a experiencias de la vida real, de modo que, trabajando la metodología ABP los alumnos adquieran estrategias de aprendizaje que les lleve a la resolución de problemas reales.

Uno de los primeros planteamientos reales de trabajo mediante ABP lo introdujo Barrows (1986) en los estudios de medicina en la Universidad de McMaster (Canadá). A través del planteamiento de un problema establecía un punto de partida para el aprendizaje de nuevos conocimientos. Barrows (1986) centra el aprendizaje en el alumno, convirtiéndole en auténtico protagonista activo de este proceso, y provocando en él cierta responsabilidad frente a su aprendizaje.

Esta metodología se extendió posteriormente a las universidades de Maastrich (Holanda) y Newcastle (Australia) suponiendo un cambio metodológico en el

proceso enseñanza-aprendizaje en la educación superior (Barrows, 1986). Pero la innovación educativa ha dado el salto a la educación infantil, secundaria y bachillerato como una herramienta de trabajo con características similares en todo nivel académico o educativo.

Las características principales de la metodología ABP se han ido citando a lo largo del texto, pero se pueden destacar los siguientes aspectos (Morales y Landa, 2004): El profesor se convierte en facilitador y guía, estimulando al alumno a la resolución de un problema. Los problemas se plantean para que los alumnos, en pequeños grupos estimulen su curiosidad, y centren su aprendizaje en ellos mismos desarrollando las habilidades y competencias para la resolución del problema propuesto. Se trata por tanto de un modelo de aprendizaje activo y auto-dirigido (Morales y Landa, 2004).

Por último, conviene destacar las aportaciones de Exley y Dennick (2007), que hablan del ABP como una metodología que implica aprendizaje activo, cooperativo, centrado en el estudiante, asociado con un aprendizaje independiente muy motivado. En el ámbito concreto de la enseñanza del bloque de electroquímica autores como Günter y Alpat (2013) describen los beneficios que la metodología ABP presenta para el estudio de ésta disciplina de la química.

### **2.2.1 Proceso de planificación del ABP**

Previo a la planificación del APB habrá que considerar que los conocimientos de los alumnos son suficientes para afrontar el proyecto y que disponen de los espacios (aulas, recursos materiales) y entorno (acceso a las fuentes de información, comunicación con el docente) convenientes para llevarlo a cabo. Y será necesario dentro de la planificación fijar los siguientes parámetros (UPM, 2008):

- **OBJETIVOS:** Seleccionar los objetivos que se quieren alcanzar con la actividad.
- **PROBLEMA:** Escoger una situación problema sobre la que los alumnos puedan trabajar.
- **REGLAS DE JUEGO:** Orientar a los alumnos mediante pautas para el trabajo en equipo. De modo que el profesor deje claras las reglas de

trabajo con las que deben contar los alumnos a la hora de afrontar el trabajo.

- **TIEMPO:** La planificación del trabajo conlleva la organización del tiempo. Será necesario que el tiempo quede bien especificado (horas, días o semanas).
- **TUTORIAS:** Organizar sesiones de tutorías donde los alumnos presenten sus dudas, el avance del trabajo y las dificultades con las que se encuentran.

### **2.2.2 Desarrollo del proceso de ABP.**

El desarrollo de la metodología puede dividirse en fases que recogen Morales y Landa (2004) en la siguiente figura:

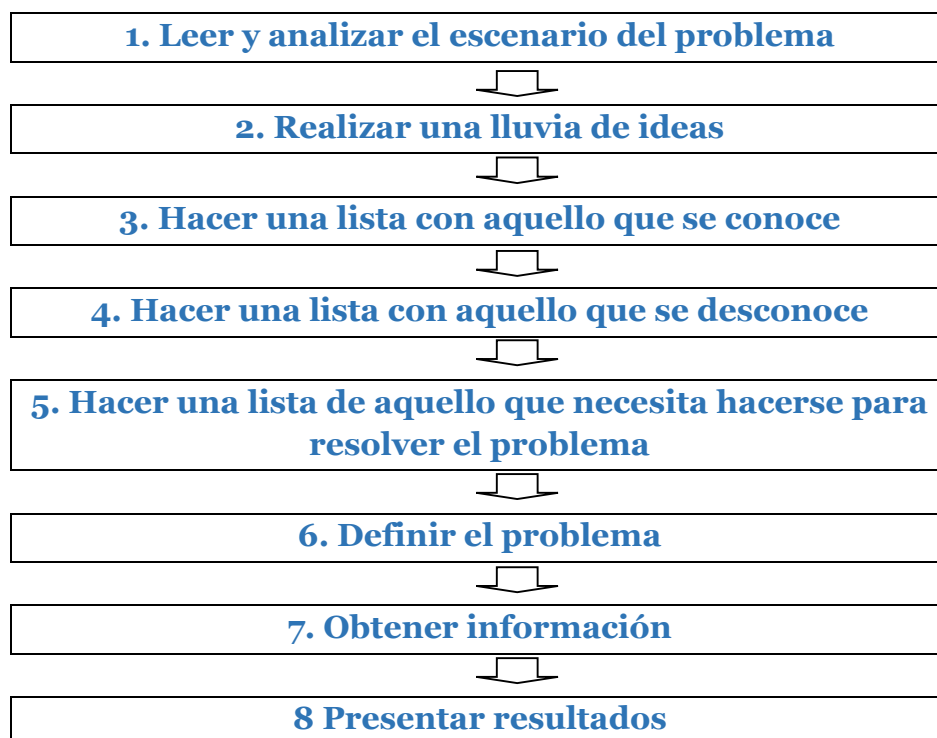


Figura 1. Desarrollo del Proceso de ABP (Morales y Landa, 2004)



### **2.2.3 ABP versus Enseñanza Tradicional**

El trabajo mediante ABP supone un cambio metodológico frente al proceso de aprendizaje tradicional, principalmente el profesor cambia de rol, pasa de ser un mero transmisor de conocimientos, experto en la materia, academicista, a ser un facilitador del conocimiento, tutor y guía, actuando de asesor, mentor y aprendiendo durante el proceso (Exley y Dennick, 2007). Además el alumno toma responsabilidad de aprender mostrando actitud frente al aprendizaje. Otro aspecto diferenciador frente a la metodología tradicional es la planificación del contenido, se pasa de diseñar las sesiones en clases magistrales a diseñar un tema con problemas abiertos, buscando incrementar la motivación del alumnado a través del planteamiento de situaciones reales (Exley y Dennick, 2007). De esta manera se busca generar iniciativa y autonomía.

Otro aspecto a destacar es el planteamiento de trabajo en grupo frente al trabajo individual de la enseñanza tradicional (Günter y Alpat, 2013). En el ABP se plantea la conformación de pequeños grupos de trabajo que interactúen entre sí y con el profesor, que les ofrece una retroalimentación. En la enseñanza tradicional, lo general es el estudio individual, a través de la memorización y repetición de ejercicios que culminan en la superación de la materia con éxito, siendo el profesor el único evaluador y la forma de evaluación sumatoria. En el trabajo por ABP los alumnos necesitarán aprender a trabajar en grupo, pensar posibles soluciones al problema, buscar recursos, indagar, plantear hipótesis, en definitiva, aprender a pensar para superar la evaluación del profesor, la autoevaluación y la evaluación entre compañeros.

Mediante el ABP se alcanzarán más de una solución al problema planteado, lo que requerirá una validación de la respuesta (Günter y Alpat, 2013), y también planteará una nueva forma de calificación y evaluación de la actividad.

### **2.2.4 El ABP y el desarrollo de las competencias del alumno**

El alumno a lo largo de la fase de aplicación del proceso de aprendizaje con ABP tiene la oportunidad de trabajar las competencias recogidas en la Tabla 2.

Tabla 2. Las competencias del alumno con ABP (adaptado de Fundación Telefónica)

<b>Fase de aplicación del ABP</b>	<b>Competencias</b>
Presentación del problema	1.Capacidad de comprensión y análisis 2.Capacidad de síntesis
Delimitación del problema	1.Competencia matemática (leer y entender los enunciados, generar preguntas) 2.Competencia Científica (aplicación del método científico) 3.Competencia crítica (formulación de hipótesis)
Reparto de Tareas	1.Capacidad de comprensión y análisis 2. Capacidad de conocimiento y selección de estrategias.
Búsqueda de información	1.Tratamiento de la información y competencia digital 2.Competencia de autonomía e iniciativa personal
Integración con el grupo	1.Competencia interpersonal 2.Competencia matemática (verificar la validez de las soluciones, búsqueda)
Presentación de resultados	1.Competencia comunicativa, lingüística (expresión verbal y escrita) y audiovisual 2.Competencia social y ciudadana
Autoevaluación	1.Competencia de aprender a aprender 2.Competencia intrapersonal

### **2.2.5 El ABP y los requerimientos para el profesor**

El profesor que afronta la enseñanza de las Ciencias Experimentales mediante la metodología de ABP ha de desarrollar una serie de competencias profesionales y humanas que le capaciten para conquistar este reto profesional (Decreto 127, 2016). El éxito se medirá a través de instrumentos de evaluación del alumnado y de la propia actividad docente. El profesor tiene un reto profesional y requiere formación para el perfeccionamiento de sus competencias docentes. Entre las que cabe destacar figuran: la planificación, el diálogo, el diseño de actividades, la competencia relativa a la búsqueda de ayuda, la producción de materiales a través de la red y la evaluación (Decreto 127, 2016). De modo que el profesor en el diseño, planificación y evaluación de un ABP ajuste el proyecto a la legislación vigente y sea capaz de afrontar las debilidades y fortalezas propias en el ejercicio de la docencia empleando esta metodología (Trujillo, 2012).

Por tanto, la formación del docente en materia de metodología didáctica va a ser crucial para poder llevarla a la práctica. En éste ámbito el docente que quiera innovar requiere de una formación específica y de un entorno personal de aprendizaje (PLE) que vaya trabajando y le proporcione herramientas, contenidos, foros de diálogo con otros profesores, herramientas de evaluación. Un PLE se convierte en un medio para alcanzar ese perfeccionamiento en todo el proceso de preparación de un ABP. Básicamente, según lo definen Adell y Castañeda (2010) un PLE es un conjunto de herramientas, fuentes de información, conexiones y actividades que cada persona emplea de forma asidua para aprender. Adell y Castañeda (2010) profundizan en los distintos tipos de estrategias y herramientas que componen un PLE, distinguen las de lectura, de reflexión y de relación. De este modo, a través de la lectura de contenidos disponibles en mediatecas se genere una reflexión que pueda ser plasmada en lenguaje escrito, como puede ser un blog, para posteriormente contrastarlo con otras personas y aprender de las aportaciones de los demás.

Actualmente, la creación de un PLE supone materializar un proceso de innovación educativa. La formación continua de un docente a través de un PLE facilita el acceso a contenidos y el trabajo en una dirección concreta para el desarrollo de nuevas metodologías, como es el ABP. Otra característica de un PLE

es su uso compartido con otros docentes a través de la red, que facilita el contraste y la consulta de dudas o de resultados obtenidos. Un PLE se puede diseñar a través de plataformas como SymbalooEDU ([www.symbaloo.com](http://www.symbaloo.com)), plataforma que se ha empleado para el diseño de la UD de ABP en este trabajo y que plantea, de manera accesible una gran cantidad de recursos útiles para el desarrollo de la tarea docente.

### **2.3 Relación entre el diseño de proyectos y el currículo**

Es imprescindible que, a la hora de planificar la metodología ABP, el profesor tenga en cuenta el currículo. Además, según Trujillo (2016), estar libre de prejuicios que impidan compaginarlo. Este autor comenta que los docentes a la hora de afrontar un ABP se plantean 3 grandes dificultades: que el currículo permita trabajar por proyectos, que trabajar mediante ABP cubra todo el currículo y que los resultados obtenidos no sean suficientemente buenos para una evaluación externa (Trujillo, 2016).

Y revisando la Orden ECD/65/2015, del 21 de enero, donde se hace una relación entre contenidos y criterios de evaluación en ESO y Bachillerato, se habla de estrategias interactivas, de la importancia que tienen los intercambios de ideas durante las sesiones de clase porque forman parte de un proceso de enseñanza-aprendizaje competencial. En éste contexto, se subraya la importancia que tienen las metodologías por proyectos, ya que contextualizan el aprendizaje y favorecen la participación activa, la experimentación y un aprendizaje funcional para la adquisición de competencias. Además de motivar al alumnado y provocar la transferencia de los aprendizajes. A éste respecto Rodríguez-Arteche (2016) hace incidencia en la formación del profesorado de ESO y Bachillerato en nuevas metodologías de enseñanza, y propone formación en la didáctica de resolución de problemas de solución abierta en el ámbito de las reacciones redox de la programación de química.

### 3. PROPUESTA DIDÁCTICA

Teniendo en cuenta las características de la metodología ABP, y enfocando el trabajo al área de Química de 2º de Bachillerato se ha realizado una revisión de recursos y bibliografía para el desarrollo del bloque 5 “electroquímica” de la asignatura de química. La Unidad Didáctica puede tener el siguiente índice:

1. Presentación de la Unidad Didáctica (UD)
2. Planificación Docente
3. Desarrollo de la UD

#### **1ª Parte: Pilas o celdas electroquímicas.**

##### FASE INICIAL

###### SESION 1: Descripción de la metodología ABP:

Actividad 1.1 Planteamiento del problema

Actividad 1.2 Lluvia de ideas

Actividad 1.3 Lista de conceptos que se conocen

Actividad 1.4 Lista de conceptos que se desconocen

Actividad 1.5 Planteamiento de una reacción redox

##### FASE de DESARROLLO

###### SESION 2:

Actividad 2.1 La Pila Daniel

Actividad 2.2 Simulación de una pila

###### SESION 3.

Actividad 3.1 Búsqueda de información sobre pilas

###### SESION 4-5

Actividad 4.1 Construir una pila

#### **2ª Parte: Electrolisis o celda electrolíticas.**

##### FASE INICIAL

###### SESION 6:

Actividad 6.1 Planteamiento del problema

Actividad 6.2 Ideas de conceptos conocidos

Actividad 6.3 Ideas de conceptos desconocidos

Actividad 6.4 Búsqueda de información sobre actividades industriales que estén basadas en este proceso químico

##### FASE de DESARROLLO

###### SESION 7

Actividad 7.1 Simulación de la Electrólisis

###### SESION 8

Actividad 8.1 Recubrimiento de un metal por electrólisis

##### FASE de COMUNICACIÓN

###### SESION 9-10

Actividad 9.1 Presentación de resultados

## 1. Presentación de la Unidad Didáctica (UD)

El conocimiento del funcionamiento de procesos electroquímicos en la vida cotidiana de las personas abarca cada vez más aplicaciones. Esta área de la química se ocupa de la generación de energía eléctrica a partir de cambios químicos, y cómo cambios químicos pueden generar electricidad. De modo que se establece la base científica para la comprensión de una gran cantidad de hechos recogidos en la biología, la corrosión de materiales, la electrodeposición o el almacenamiento de energía, entre otros.

## 2. Planificación Docente

En la planificación de la Unidad Didáctica se contemplan los objetivos didácticos de la materia, concretándose los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje que se quieren alcanzar. Se define la docencia a través de la temporalización de la materia en sesiones y actividades. Finalmente se concretará la forma de evaluación y su repercusión en la calificación final.

Para la presentación de la planificación docente se ha recurrido a una ficha que actualmente se está trabajando en los Institutos de Educación Secundaria de mi Comunidad Autónoma para el diseño de nuevas unidades didácticas. A través de esta ficha se plantean de manera ordenada y esquemática los aspectos docentes que se han de tener en cuenta.

Consta de las siguientes partes:

<b>Título de la unidad: electroquímica</b>		<b>Nivel:</b> 2ºBachille
<b>Área o materias integradas:</b>		
Química		
<b>Tema</b>		
Electroquímica: Pilas y celdas electrolíticas.		
<b>Nivel</b>	<b>Nº de sesiones</b>	
2ºBachillerato	10	
<b>Justificación de la propuesta</b>		

Ante la dificultad que presenta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la electroquímica a nivel de bachillerato se plantea: Desarrollar una unidad didáctica basada en la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP).

### **Situación problema**

#### **Contexto**

1. El uso diario de un móvil, un reloj de pulsera, un mando a distancia o una linterna suponen el empleo de diferentes tipos de pilas y baterías. Actualmente se plantea la necesidad de reciclar las pilas y baterías para evitar la contaminación del medio ambiente (suelos, agua y aire). Pero ¿de qué están compuestas las pilas para que sean tan contaminantes?, ¿Cómo funciona una pila? ¿Cuál es la diferencia entre una pila recargable y una alcalina? A través del conocimiento de las reacciones redox, oxidación/reducción, la transferencia de electrones entre elementos químicos y la ecuación de Nernst daremos respuesta a estos interrogantes.

2. Otro tema que se abarca en esta unidad didáctica es la realidad de la corrosión y los recubrimientos que se realizan en distintos metales para preservarles de la corrosión o simplemente para embellecerlos. Será necesario profundizar en los procesos de electrólisis para dar respuesta a estos interrogantes, y entender como persisten monumentos construidos en hierro como la Torre Eiffel de París. Se descubrirán conceptos como fuerza electromotriz, las leyes de Faraday y la electrólisis.

#### **Problema**

Se plantearán dos problemas para contextualizar cada una de los apartados de la unidad didáctica: un problema para las pilas y otro para la electrólisis.

#### **Finalidad**

Desarrollar una metodología de aprendizaje guiado, basado en problemas (ABP), motivado por el conocimiento de la realidad. El planteamiento de necesidades que planteen cuestiones al alumno y le inviten a su reflexión, a que salga de su zona de confort y busque resolver un problema dado.

Aprender mediante una metodología por descubrimiento, de trabajo colaborativo, reflexiva, que busque profundizar en la realidad que nos rodea.

Conocer una rama de la química conectada con la realidad cotidiana y con un planteamiento hacia futuras necesidades que están pendientes de resolver. Por

ejemplo baterías que duren más, que no contaminen. O el desarrollo de nuevo materiales resistentes a la corrosión.

Emplear herramientas de cálculo para la resolución de problemas de electroquímica manejando una serie de conceptos relacionados con la materia.

Conectar al estudiante con el mundo laboral mediante el planteamiento de actividades profesionales relacionadas con la electroquímica.

Fomentar la creatividad entre los alumnos.

<b>Competencias básicas trabajadas</b>	
<b>Transversales:</b> 1. Competencia para la comunicación verbal, no verbal y digital 2. Competencia para aprender a aprender y aprender a pensar 3. Competencia para convivir 4. Competencias para la iniciativa y el espíritu emprendedor 5. Competencia para aprender a ser	<b>Actividad:</b> 9.1 1.1-9.1 1.1-1.4 4.1 y 8.1 9.1
<b>Disciplinares:</b> 1. Competencia Científica 2. Competencia Matemática 3. Competencia en Comunicación Lingüística	<b>Actividad:</b> 1.1-9.1 2.2, 7.1 9.1
<b>Objetivos didácticos</b>	
1. Explicar los sistemas y cambios químicos que se dan en el contexto científico y en el contexto de la vida cotidiana empleando conceptos, leyes, teorías y modelos de la química. 2. Resolver problemas y realizar pequeñas investigaciones. Trabajar de manera individual o colaborativa fomentando la autonomía y el desarrollo de estrategias de aprendizaje. Fomentar el pensamiento crítico, el interés por la contextualización de situaciones cotidianas de interés científico o social y reconocer el trabajo científico. 3. Asociar los conocimientos químicos con los retos actuales que se dan en la sociedad y en el medio ambiente, de modo que se participe como ciudadanos responsables en la toma de decisiones, fundamentadas científicamente, para el bien y el desarrollo de la sociedad.	<b>Indicador de logro</b>  <b>LG1</b>  <b>LG2</b>  <b>LG3</b>



<p>4. Valorar la dimensión cultural de la ciencia, su repercusión y valorar la aportación de los debates científicos a la evolución del conocimiento humano, en materias que repercutan en la sociedad y el medio ambiente.</p> <p>5. Interpretar y expresar información científica con propiedad. Emplear recursos, tecnologías de la información, terminología adecuada para comunicarse de forma precisa respecto a temas científicos, tecnológicos y sociales relacionados con la Química.</p>	<b>LG4</b>
	<b>LG5</b>

### **Contenidos**

**Bloque 5. Introducción a la Electroquímica**

- Reacciones de oxidación-reducción. Especies oxidantes y reductoras. Número de oxidación de los elementos que hay en una especie química. Ajuste de las reacciones redox por el método del ión-electrón.
- Concepto de potencial estándar de reducción. Espontaneidad de una reacción redox en condiciones estándar. Escala de reductores y oxidantes.
- Valoraciones redox y su tratamiento experimental.
- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación reducción: pilas y baterías eléctricas.
- La electrólisis: Importancia industrial y económica. La corrosión de metales y su prevención. Residuos y reciclaje.

Título de la unidad: electroquímica	Nivel: 2º Bachillerato
-------------------------------------	---------------------------

### **Secuencia de actividades**

**1ª Parte. FASE INICIAL.** El profesor actuará de guía durante esta fase. Se realizará por grupos, y habrá un portavoz por grupo.

Plantear un problema relacionado con el uso de las pilas, su funcionamiento y su gestión como residuo. La descripción del problema tratará de acercar al alumno a una realidad cotidiana enfocada desde el punto de vista químico.

Realizar una lluvia de ideas sobre la situación planteada para ver qué saben sobre el tema. Qué hacemos con las pilas cuando se agotan, porque contaminan tanto.

Hacer una lista de lo que se conoce. Tipos de pilas, partes de la pila, potencial de una pila, recarga de una pila.

Hacer una lista de lo que se desconoce. Reacciones dentro de una pila. Reacciones de oxidación-reducción. Potencial de reducción de la pila. Reacciones espontánea. Definición de cátodo y ánodo.

Hacer una lista de aquello que necesita hacerse para resolver el problema. Aprender a expresar una reacción redox.

Ver Actividades:

1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5

### **FASE DE DESARROLLO**

Definir el problema. El profesor deberá explicar conceptos como: oxidación/reducción (transferencia de electrones), cátodo/ánodo, potencial de semireacción, ajuste de una reacción redox, Se realizarán simulaciones sobre pilas.

Obtener información. Realizar una búsqueda en libros o webs. Buscar tipos de pilas y traerlas a clase para su análisis.

Ver Actividades:

2.1, 2.2, 3.1, 4.1

### **2ª Parte. FASE INICIAL**

Plantear un problema relacionado con las aplicaciones electrolíticas, su funcionamiento y gasto energético.

Hacer una lista de lo que se conoce. Partes de un sistema electrolítico, recubrimiento de metales, baño metálico

Hacer una lista de lo que se desconoce. Gasto energético en una celda electrolítica, aplicaciones, residuos generados.

Ver Actividades:

6.1, 6.2, 6.3, 6.4

### **.FASE DE DESARROLLO**

Definir el problema. El profesor deberá acercar al alumno a conceptos electrolíticos a través de simulaciones y prácticas de laboratorio.

Obtener información. Realizar una búsqueda en libros o webs. Buscar tipos de aplicaciones electrolíticas, hacer un análisis de los elementos que la componen.

Ver Actividades:

7.1 y 8.1

**FASE DE APLICACIÓN Y COMUNICACIÓN**

Presentar los resultados mediante una comunicación oral. Diferencias entre una celda electroquímica y una celda electrolítica. Explicación del problema planteado y aportación de soluciones.

Ver Actividad:

9.1

<b>Instrumentos de evaluación</b>	<b>Estándares que evalúa</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tipo de evaluación</b>	<b>%</b>
Observación Rúbrica	Resolver problemas de oxidación-reducción y explicar algunas aplicaciones prácticas utilizando el concepto de potencial estándar de reducción	2.2 7.1	4(Sobresaliente) 3(notable) 2 (suficiente) 1(insuficiente)	10
Observación	Definir el concepto de número de oxidación	1.4	4/3/2/1	10
Rubrica	Ajustar las reacciones de oxidación-reducción	1.5 2.1	4/3/2/1	10
Rubrica	Resolver problemas estequiométricos redox	1.5 2.1	4/3/2/1	10
Rubrica	Predecir cualitativamente el proceso químico entre dos pares redox	2.2 7.1	4/3/2/1	10
Rubrica	Calcular el potencial de una pila	1.5 2.1, 2.2	4/3/2/1	10
Rubrica, Trabajo	Investigar los procesos que ocurren en las células electroquímicas y en las electrolíticas	3.1 6.4	4/3/2/1	20
Rubrica, Observación	Argumentar la importancia que tiene la prevención de la corrosión y la solución a los problemas que el uso de las pilas genera	1.2, 1.3 6.2,6.3 9.1	4/3/2/1	20

<b>Aspecto a Valorar</b>	<b>Estándares de aprendizaje</b>	<b>Instrumento de Evaluación</b>	<b>4 (Sobresaliente)</b>	<b>3 (Notable)</b>	<b>2 (Suficiente)</b>	<b>1 (Insuficiente)</b>
Interés y Esfuerzo	Iniciativa en la realización de las tareas	Observación	Participa de forma activa en las tareas propuestas, valora la opinión de los compañeros	Participa en las tareas respetando a los compañeros	Participa en el trabajo en grupo pero no siempre respeta la opiniones diversas	No muestra interés en participar en el trabajo ni en respetar a sus compañeros
	Interés en profundizar en los conceptos	Observación	Está atento, plantea dudas y es reflexivo	Está atento, plantea dudas pero irreflexivas	Se muestra atento pero no plantea dudas	No muestra interés
Trabajo en equipo	Nivel de ajuste a los objetivos planteados	Observación	Trabaja mucho y bien organizado	Trabajan pero tienen fallos de organización	Trabajan pero sin organización	Apenas trabajan y sin interés
	Informe realizado	Trabajo	Información Completa con alguna imprecisión	Información incompleta con alguna imprecisión	Con imprecisiones. Falta Información	Apenas desarrollado. No muestra interés
Uso Datos y TIC	Búsqueda información	Observación	Emplea fuentes diversas	Emplea solo Wikipedia	Maneja con limitación los buscadores	No sabe dónde buscar
	Uso de herramientas informáticas	Observación	Emplea office, buscadores con destreza	Emplea office, buscadores con limitaciones	Emplea algunas aplicaciones de office y buscadores	No sabe utilizar office ni buscadores
Presentación Oral	Organización de la información, Vocabulario específico	Rúbrica	Presentación estructurada y correcta	Presentación estructurada pero con incorrecciones	Presentación poco estructurada y con imprecisiones	Presentación sin estructura y con imprecisiones
	Material	Rúbrica	Alta calidad del soporte	Buena calidad del soporte	Soporte muy básico	Soporte poco trabajado
	Comunicación y lenguaje corporal	Rúbrica	Expresión corporal adecuado, busca conectar con el público y se apoya en la presentación	Expresión corporal rígida, busca conectar con el público pero lee en exceso la presentación	Expresión corporal rígida, sin conexión con el público y lee en exceso la presentación	Falta de conexión y de preparación de la presentación

### 3. Desarrollo de la UD

#### **1ª Parte: Pilas o celdas electroquímicas.**

##### FASE INICIAL

##### SESION 1: Descripción de la metodología ABP

Se llevará a cabo una descripción de la metodología ABP mediante la cual se va a enfocar el estudio del tema. Se realizarán grupos de trabajo de 4-5 personas máximo. Se les motivará a trabajar en equipo y se les trasladará el peso de su aprendizaje, de modo que se vean como protagonistas del desarrollo del tema que van a abordar. El profesor planteará la evaluación continua y la importancia de adquirir competencias. Cada grupo de trabajo nombrará un portavoz.

##### Actividad 1.1 Planteamiento del problema

El profesor repartirá el enunciado del problema motivador para el estudio de las celdas electroquímicas o pilas. Es el siguiente:

*ENUNCIADO: Las pilas se emplean en un reloj, una cámara de fotos, un mando a distancia o una radio, pero cuando se agotan son depositadas en la basura y acaban en el vertedero. Estas pilas son potencialmente contaminantes ya que por desgaste de su carcasa son una fuente de metales pesados muy tóxicos para los suelos, aguas y aire.*

*Una pila funciona gracias a una reacción química que se produce en su interior, donde se da una transferencia de electrones entre los polos de la pila y se genera energía en forma de electricidad. Pero debido a la variedad de pilas que existen en la actualidad tirar una pila que contenga mercurio a la basura supone la contaminación de miles de litros de agua, que afectan al medio ambiente y por consecuencia a los seres vivos y a las personas.*

*El reciclado de pilas en contenedores específicos se lleva a cabo por parte de empresas especializadas en recuperación de pilas y baterías. Esta actividad empresarial tiene una repercusión directa en el medio ambiente y en la vida de*

las personas, ya que también genera puestos de trabajo y tecnología para la recuperación de metales pesados.

El planteamiento del problema genera una serie de preguntas que merecen la pena ser respondidas: ¿Qué es una pila?, ¿de qué está compuesta? y ¿qué componentes de la pila son tan contaminantes?. ¿Cuánta energía genera una pila? y ¿cuáles son mis hábitos respecto a las baterías, tengo conciencia medioambiental a éste respecto?

### Actividad 1.2 Lluvia de ideas

Se les plantea una tormenta de ideas acerca del tema propuesto. Con orden se les dará 5 minutos para que tomen nota por grupos sobre ideas que tengan sobre la naturaleza de las pilas, su composición, y su funcionamiento. Y con orden el profesor irá dando pie a los alumnos a que expresen las ideas anotadas e irá apuntándolas en la pizarra. El profesor sabe qué conceptos debe abordar a lo largo del ABP para que los alumnos descubran los componentes de las pilas, y cómo funcionan, así que deberá estar ágil para ir realizando un mapa conceptual de ideas que también recojan los conceptos que se deben tratar en el temario.

Actividad 1.3 Lista de conceptos que se conocen. Se recogerán datos de los tipos de pilas que existen, algunos componentes, si son recargables o alcalinas, e incluso alguno sabrá cuanta electricidad genera una pila (ver Tabla 3).

Actividad 1.4 Lista de conceptos que se desconocen. Este apartado debe ser guiado por el profesor para completar la tabla de conceptos que se quieren ver en la unidad didáctica (ver Tabla 3).

Tabla 3. Lista de conceptos de electroquímica  
(C: conocido/nC: no conocido)

<b>Concepto</b>	<b>C/ nC</b>	<b>Concepto</b>	<b>C/ nC</b>	<b>Concepto</b>	<b>C/ nC</b>
Cátodo		Electrolito		Numero de oxidación	
Ánodo		Puente salino		Voltímetro	
Oxidación		Reacción espontánea		Ecuación de Nernst	
Reducción		Reacción redox		Metales	

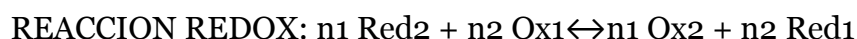
Potencial redox		Transferencia de electrones		Sales	
Pila Daniell		Pila Alcalina		Pila de botón	
Pila Alcalina		Pila Recargable		Potencial de una pila	

Actividad 1.5 Planteamiento de una reacción redox. Ajuste de la reacción, semireacciones y número de oxidación. El desarrollo de este apartado se debe aportar como guía al alumno hacia el descubrimiento de conceptos, relacionando la lluvia de ideas realizada y la importancia del conocimiento de la electroquímica para dar respuesta.

La reacción redox se define como la reacción química donde se dan dos semireacciones, una de oxidación y otra de reducción.



Oxidante: OX, Reductor: Red,  $n_e^-$  son los número de electrones intercambiados.



De modo que:  $n_e^-$  cedidos por el Reductor =  $n_e^-$  aceptados por el oxidante

Ésta reacción química, como todo equilibrio químico, viene regulada con una constante de equilibrio  $k_r$ . Que se expresa como:

$$k_r = \frac{[\text{Red}_1]^{n_2}[\text{Ox}_2]^{n_1}}{[\text{Ox}_1]^{n_2}[\text{Red}_2]^{n_1}}$$

## FASE de DESARROLLO

### SESION 2

#### Actividad 2.1.La Pila Daniel

En ésta fase el profesor marcará un ejemplo de pila, la pila Daniel para que sirva de referencia a la hora de resolver el problema. Se acompañará mediante un esquema de la pila Daniel que irán completando en clase a medida que se identifiquen los conceptos mencionados. Para ello se les dejará unos minutos para que con iniciativa identifiquen los diferentes conceptos en el esquema que les proporcionará el profesor (ver Figura 2).El fundamento teórico de la Pila Daniel se desarrolla en el Anexo 2:



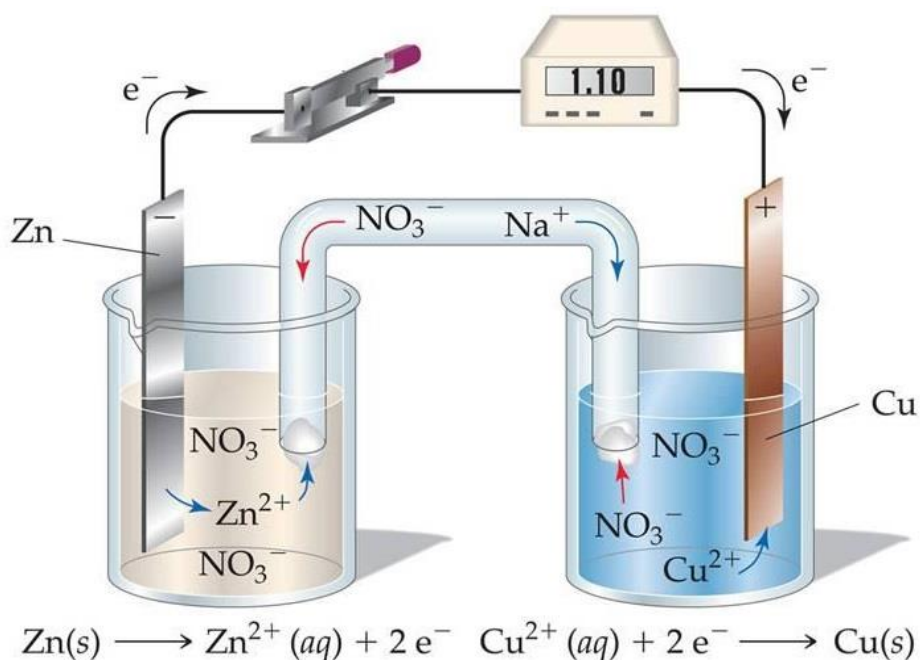


Figura 2 Representación de una Pila Daniel (obtenido de <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2015/08/03/celdas-electroquimicas-pilas/>)

El esquema que se representa en la Figura 2 se presentará a los alumnos sin los elementos clave identificados. Y para la consolidación de conceptos como oxidación/reducción y ajuste de reacciones redox se les reparte por grupos información sobre pares redox.

### Actividad 2.2. Simulación de una pila

A continuación se les dará acceso al siguiente simulador creado en la página web de Salvador Hurtado, el enlace es el siguiente:

<https://salvadorhurtado.wikispaces.com/file/view/electroq.swf>

En esta página web se accede a una simulación de posibles reacciones redox que se producen en una pila. En ella se pueden elegir el cátodo y el ánodo, visualizar la circulación de electrones y anotar el potencial generado por la pila. A los alumnos, por grupos se les repartirá pares redox para que lleven a cabo la simulación y anoten los valores de potencial obtenidos (ver Tabla 4).

Tabla 4. Pares redox proporcionadas a los alumnos para que realicen la simulación.

Grupo	Electrodo 1	Electrodo 2
Grupo 1	Al/Al <sup>3+</sup> ;Ag/Ag <sup>+</sup>	Cu/Cu <sup>2+</sup> ;Sn/Sn <sup>2+</sup>
Grupo 2	Al/Al <sup>3+</sup> ;Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup>	Ag/Ag <sup>+</sup> ;Sn/Sn <sup>2+</sup>
Grupo 3	Fe/Fe <sup>2+</sup> ;Cu/Cu <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup> ;Ag/Ag <sup>+</sup> ;
Grupo 4	H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup> ; Cu/Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> ;Zn/Zn <sup>2+</sup>
Grupo 5	H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup> ;Ag/Ag <sup>+</sup>	Al/Al <sup>3+</sup> ;Ag/Ag <sup>+</sup>

El objetivo de esta simulación es la familiarización con conceptos como oxidación/reducción, cátodo/ánodo, esquema de una pila, potencial de una pila, etc. La simulación es una plataforma basada en el esquema de una pila con diferentes posibilidades de elegir los elementos que constituirán el cátodo y el ánodo (ver Figura 3). Los alumnos se enfrentarán a una actividad muy intuitiva, en un formato digital y que les dará la base para llevar a cabo la siguiente actividad práctica en el aula.

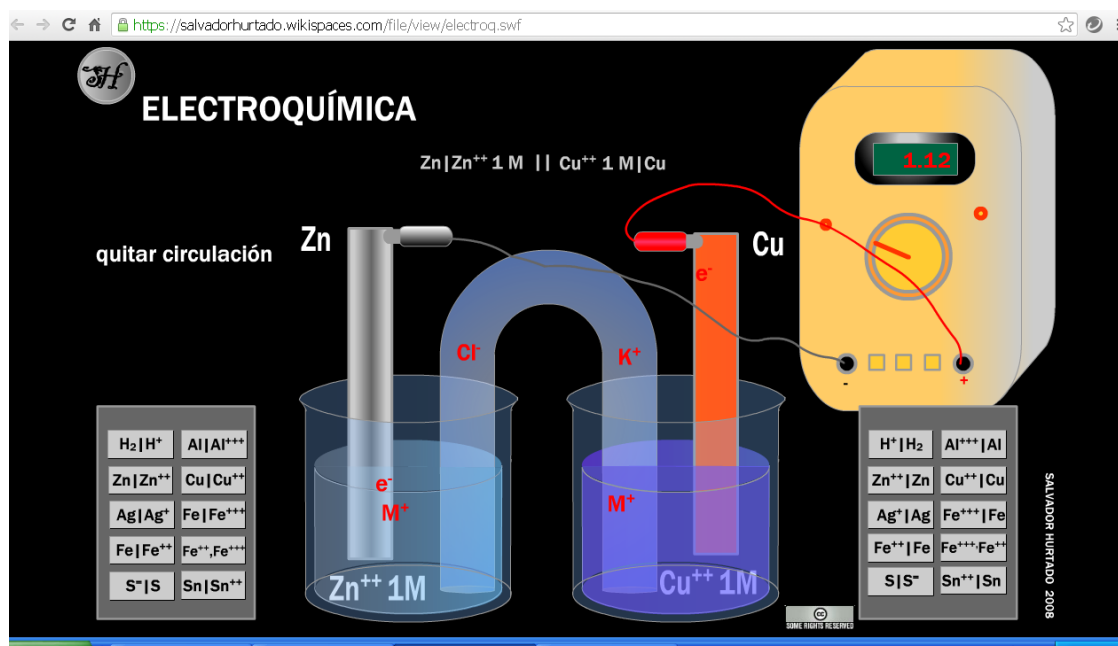
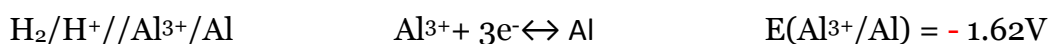
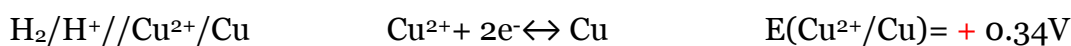


Figura 3. Simulación de una celda electroquímica obtenido de la página web de salvadorhurtado©.

Para la explicación de qué es el **potencial estándar de reducción** ó potencial de semireacción y cómo está calculado, se generará una simulación de todos los pares redox frente al par H<sub>2</sub>/H<sup>+</sup>. De modo que se vayan recogiendo los datos de potencial recogidos por el voltímetro del simulador. Por ejemplo:



Una vez recogidos un par de datos por grupo se les pasará una fotocopia de la tabla con los valores de potenciales de semireacción (ver Anexo 1) para que la comparen y vean de donde sale esa tabla. Con éstos datos ya pueden calcular el potencial de una pila mediante la expresión:

$$E^\circ \text{ pila} = E^\circ \text{ cátodo} - E^\circ \text{ ánodo} \quad (\text{V})$$

Y el potencial normal de la pila se sustituye en la ecuación de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{0.059}{n} \log Q \quad (T=298\text{K}) \text{ y } Q=K_r \text{ en el equilibrio}$$

### SESION 3

#### Actividad 3.1 Búsqueda de información sobre pilas

La siguiente actividad se llevará a cabo en la fase de desarrollo del ABP. Después de la introducción de conceptos para profundizar en ellos es necesario que los alumnos los pongan en práctica. Para ello se ha diseñado una actividad cuya finalidad es la búsqueda de información acerca de los tipos de pilas existentes. Previamente se les indicará que lleven a clase, por grupos, pilas de distintos tipos y tamaños, para clasificarlas en clase. Los tipos estándar de pilas comerciales tienen el siguiente aspecto y son comúnmente conocidas y empleadas a diario (ver Figura 4)



Figura 4 Tipos de pilas comerciales.

Se les aportan herramientas de búsqueda de información en internet. Se les pedirá por grupo 4-5 palabras clave que vayan a emplear en su búsqueda y el profesor les guiará hacia los conceptos que den resultados de búsqueda más acordes a la propuesta de la actividad. También se les animará a realizar la búsqueda en inglés ya que ampliará su campo de acción.

Tabla 5. Ejemplo de palabras clave y resultados proporcionados por Google.

<b>Palabra Clave</b>	<b>Resultados</b>	<b>Keywords</b>	<b>Results</b>
Tipos de Pilas	414,000	Battery types	82,000,000
Tipos de Pilas alcalinas	202,000	Alkaline batteries types	911,000
Química de pilas	619,000	Battery Chemistry	19,500,000
Composición pilas	517,000	Battery composition	29,000,000
Reciclaje de Pilas	450,000	Battery recycling	2,930,000

Se les puede guiar hacia varias fuentes bibliográficas para focalizar la búsqueda, sin que esto quiera decir que no puedan consultar más páginas webs o libros. Los recursos que tiene como referencia el profesor pueden ser los siguientes:

**Páginas Web:**

- Infografía sobre pilas desarrollado por la revista Eroski Consumer:  
[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2004/09/02/140162.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2004/09/02/140162.php)
- Información de pilas en la página web de battery solutions:  
<https://www.batterysolutions.com/recycling-information/battery-types/>

**Libros:**

- Tema 9 Reacciones de transferencia de electrones. Química 2º Bachillerato, editorial edebé, pág.255.

Se les guiará en el tipo de información que necesitan recoger en la búsqueda. De modo que los alumnos recopilen información como el que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Descripción de los tipos de pilas, sus componentes y uso.

<b>Tipo de pilas</b>	<b>Material</b>	<b>Usos</b>
Pilas secas” o de Cinc / Carbono (Zn/C)	Cinc metálico, cloruro de amonio y dióxido de manganeso	Pilas comunes, juguetes, linternas, mando a distancia...

Alcalinas o de Cinc/ Dióxido de Manganeso (Zn/MnO <sub>2</sub> )	Hidróxido de potasio y el zinc está en polco. Son de larga duración	Duran 3-10 veces más que las salinas y se emplean en equipos de más consumo: cámaras de foto y video.
Níquel/Cadmio (Ni/Cd)	Hidróxido de níquel, hidróxido de potasio y cadmio metálico	Teléfonos móviles, teléfonos inalámbricos, cepillos de dientes eléctricos.
Pilas de Botón	Pilas de tamaño reducido, de forma redonda y chata. Pueden ser de Mercurio, Plata o Cinc.	Audífonos, marcapasos, relojes, aparatos médicos.
Zinc/aire	Gran cantidad de agujeros diminutos en la superficie y con 1% de mercurio.	Aplicaciones médicas y en comunicaciones. Genera problemas de contaminación.
Plomo/ácido	Ánodo de plomo, Cátodo de óxido de plomo y Electrolito: Ácido sulfúrico.	Baterías de automóviles
Níquel/Hidruro metálico (Ni/MH)	Cátodo de óxido de níquel y electrolito hidróxido de potasio.	Teléfonos móviles, inalámbricos y máquinas de afeitar.
Óxido de plata	Pequeño tamaño, tipo botón. Con un contenido del 1% de mercurio.	Relojes, calculadoras y cámaras de fotos.
Litio	Litio.	Relojes, calculadoras, flashes de cámaras de fotos, memorias de ordenadores. Tres veces más energía que las pilas alcalinas

Se les pedirá como evaluación de la actividad una ficha con los datos de las pilas, y un esquema de cómo está constituida la pila (Ver esquema de pilas en Anexo 3).

#### SESION 4-5

##### Actividad 4.1: Construir una pila

En la siguiente actividad se propone la construcción de una pila casera, con materiales que se puedan adquirir fácilmente. Para ello se pueden guiar por demostraciones que aparezcan e internet. Deberán plantear el material necesario, planificar la actividad a una sesión y que funcione. La actividad se valorará en función de la explicación y la operatividad de la pila construida.

Por acotar la actividad y guiar al estudiante en este proceso de búsqueda se les indicará que uno de los elementos para la fabricación de la pila es un limón. Y deberán encontrar recursos en internet para construir varias pilas por grupos y que funcione. Como ejemplo se propone la construcción de una pila con limones y se explica en el Anexo 5. Se deberán dedicar unos minutos a explicar la normativa de seguridad en el laboratorio para que entiendan las precauciones que hay que tener siempre a la hora de experimentar con reactivos químicos. (ver Anexo 4)

## **2ª Parte: Electrolisis o celda electrolíticas.**

### FASE INICIAL

#### SESION 6

##### Actividad 6.1. Planteamiento del problema

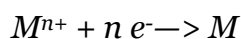
Se plantea a los alumnos la lectura del uso de procesos electroquímicos empleados en la recuperación de aguas residuales como punto de partida para trabajar la electrólisis. Este artículo se ha escrito desde el Departamento de Química Analítica e Ingeniería Química de la Universidad de Alcalá y publicado en el weblog “El Agua de Madri+d”, organizado por la Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales con Contaminantes no Biodegradable (Madri+d).

*“La utilización de electricidad para tratar aguas residuales tiene una larga tradición, siendo utilizada por primera vez en Inglaterra en 1889. La utilización de procesos electrolíticos en la recuperación de metales fue patentada por Elmore en 1904 y el proceso de electrocoagulación (EC) con aluminio y hierro fue patentado en Estados Unidos en 1909. La primera utilización a gran escala de la EC para el tratamiento de aguas potables fue en 1946. Dado al relativo alto coste de las instalaciones y el alto consumo en energía eléctrica estas tecnologías no tuvieron una buena aceptación en esa época, no obstante distintos países como Estados Unidos o la antigua Unión Soviética continuaron con las investigaciones durante los siguientes años lo que permitió acumular una gran experiencia y conocimiento sobre estos procesos.*

*La promulgación de leyes cada vez más estrictas concernientes a los límites de vertido de distintas sustancias en las aguas residuales así como la mejora en los estándares de calidad del agua potable han hechos que los procesos electroquímicos ganen cada vez más importancia en las últimos dos décadas y hoy en día hay compañías que suministran sistemas electroquímicos para la recuperación de metales, tratamiento de aguas provenientes de procesos textiles, curtidurías, papeleras, tratamiento de aguas residuales con alto contenido en aceite o emulsiones aceite-agua. Hoy en día los procesos*

*electroquímicos han alcanzado un estado en el cual no son solamente comparables desde el punto de vista económico con otros procesos sino que también son más eficientes, compactos y automatizados. Los procesos electroquímicos utilizados en el tratamiento de aguas utilizan electricidad para producir una reacción química destinada a la eliminación o destrucción del contaminante presente en el agua. Básicamente el sistema electroquímico está formado por un ánodo, donde ocurre la oxidación, un cátodo, donde tiene lugar la reducción y una fuente de corriente continua encargada de suministrar la electricidad. Los parámetros claves a la hora de aplicar un proceso electrolítico son diseño del reactor, naturaleza de los electrodos, y diferencia de potencial y/o corriente de trabajo.*

*Uno de los procesos empleados es la electrodeposición. La recuperación electroquímica de metales presentes en el agua proveniente de procesos industriales, se lleva aplicando desde hace mucho tiempo, el primer caso registrado data del siglo XVII. Esta recuperación es de gran importancia tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. El mecanismo de recuperación de metales es muy simple, básicamente una deposición en el cátodo (reducción) del tipo:*



*Como cátodo se puede utilizar un cátodo del mismo metal a recuperar o grafito.”*

A partir de este texto se trabajará el tema de la electrólisis, planteando conceptos como la contaminación, la recuperación de metales, o el aporte de energía para llevar a cabo procesos de electrólisis. El profesor planteará las siguientes actividades:

Actividad 6.2 Ideas de conceptos conocidos. Por grupos y mediante la moderación del profesor se irán planteando ideas sobre el problema electroquímico. Se tomará nota de conceptos que ellos conozcan del tema.

Actividad 6.3 Ideas de conceptos desconocidos. Por grupo se planteará una lluvia de ideas de conceptos que no conozcan acerca de la electrólisis y conceptos que guiará el profesor para ir descubriendo a lo largo de la actividad. El profesor



actuará de guía proponiendo ejemplos cercanos a la vida cotidiana del alumno, acercando la aplicación industrial a la realidad y potenciando la reflexión sobre las muchas aplicaciones de la química.

Actividad 6.4 Búsqueda de información sobre actividades industriales que estén basadas en este proceso químico. El alumno dispondrá por grupos de ordenadores conectados a internet para realizar una búsqueda de la información requerida. Se les propondrá realizar una tabla con información acerca de la actividad industrial, el tipo de proceso electrolítico que emplean y los problemas medioambientales que genera (en caso de que existan). Los ejemplos que puede encontrar pueden ser los siguientes, que servirán de base al profesor para guiar la actividad (Blogspot):

- Electrólisis del agua para la producción de Hidrógeno como combustible.
- Recubrimientos metálicos.
- Purificación electrolítica del cobre.
- Obtención de metales activos (litio, sodio, potasio, magnesio y aluminio) y de elementos no metálicos como hidrógeno y cloro.
- Recuperación de metales de residuos acuosos.
- Electrólisis de sales salinas. Un ejemplo es utilizado en las piscinas para conseguir una cloración ecológica del agua.
- Anodización empleada para proteger a los metales de la corrosión.
- Galvanoplastia. Es un tipo de electrolisis que es empleada para evitar la corrosión de metales mediante el recubrimiento de éste con una fina película de otro metal.

## FASE de DESARROLLO

### SESION 7

#### Actividad 7.1 Simulación de la Electrólisis

Se plantea la simulación de la electrolisis haciendo uso de plataforma del grupo de investigación en docencia química de la Universidad de Iowa (EEUU) (Iowa University).

En el sistema electrolítico se puede seleccionar la solución electrolito a una concentración dada. Se introducirán dos electrodos distintos conectados a un generador de corriente. Se fijarán la masa de los electrodos, el voltaje aplicado y el tiempo de exposición (ver Figura 5). Cuando se acciona el sistema el contador de la masa de los electrodos comienza a variar, guiando a los estudiantes a la deducción de qué proceso de oxidación reducción se está llevando a cabo. Durante el proceso de simulación se les guiará en la recogida de datos de tipo: semireacciones, identificación del cátodo y ánodo, y potenciales de electrodo. También se les preguntará por la predicción de la reacción, quien se oxida y quien se reduce.

El profesor aprovechará esta simulación para llevar a cabo una introducción a las leyes de Faraday y el cálculo de la masa depositada en el electrodo (ver Anexo 6).

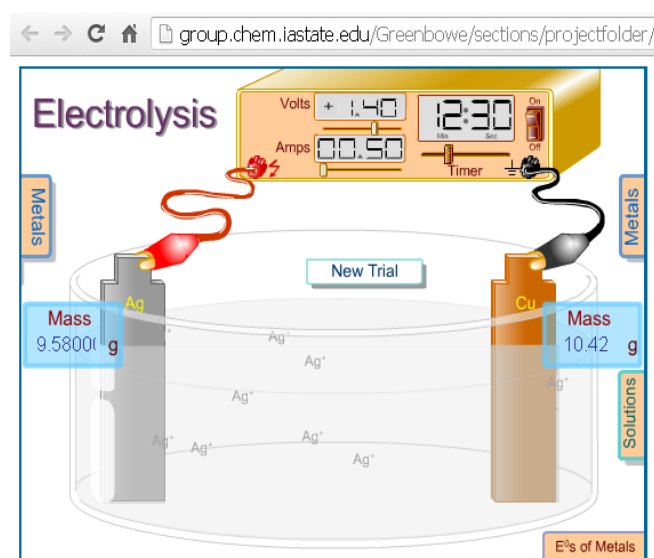


Figura 5. Simulación de la electrolisis recuperada de la página web de la Universidad de Iowa (EEUU).

Viendo los potenciales normales de electrodo de los sistemas se predice qué electrodo aceptará electrones y cual donará electrones. Siendo el primero el cátodo y el segundo el ánodo. El sistema adquiere signo contrario con respecto al funcionamiento de una pila.

A partir de la simulación los alumnos comprobarán la electrodeposición de metal de la solución electrolítica a uno de los electrodos, mientras que el otro se irá reduciendo con el tiempo. Se les guiará en el cálculo de la masa depositada en el electrodo (ver Anexo 6).

## SESION 8

### Actividad 8.1 Recubrimiento de un metal por electrólisis

Se les planteará una actividad práctica de laboratorio para profundizar en los conceptos de electrólisis enunciados. Para ello se planteará una actividad basada en la observación de objetos cotidianos que hayan sido sometidos a una electrodeposición de una fina capa de otro metal. Se concretará en la experiencia práctica del recubrimiento de un clip con cobre. El material utilizado para esta práctica es de uso común, por ejemplo, el cobre se puede obtener de los cables o de las láminas de este metal utilizadas en manualidades.

En concreto necesitarán: Pila, cables, lámina o hilo de cobre, un clip, disolución de  $\text{CuSO}_4$  1M, un vaso de precipitados, probeta, balanza analítica. Y el procedimiento de trabajado es muy sencillo y se describe a continuación:

Se debe pesar, en el laboratorio, el clip y la lámina de cobre, previamente lavados. Tomar 50,0 mL de disolución de sulfato cúprico con una probeta y añadirlo a un vaso de precipitados. Se conectará, mediante unos cables, la lámina de cobre al extremo positivo de la pila y el clip al extremo negativo. A continuación, se introducirá la lámina de cobre y el clip en el vaso que contiene la disolución, sin que entren en contacto. Al cabo de 30 minutos se desconectará la pila y se extraerán el clip y la lámina de cobre, dejándolos secar al aire. Finalmente, se deberán pesar de nuevo el clip y la lámina de cobre.

Una vez realizado el experimento se pide contestar a los siguientes apartados:

- a.- Comentar el experimento realizado indicando los fenómenos observados
- b.- Describir en qué consiste el proceso que ha tenido lugar, así como las reacciones químicas que se han producido.
- c.- Con los datos experimentales obtenidos, calcular la cantidad de electricidad que ha pasado a través de la disolución y la intensidad de la corriente que circuló durante el proceso. ¿Qué ley se pone de manifiesto en este experimento? Enunciarla.

d.- El experimento realizado es una técnica utilizada para recubrir metales. Comentarla brevemente.

### FASE de COMUNICACIÓN

#### SESION 9-10

Actividad 9.1 Presentación de resultados. Mediante una presentación powerpoint los grupos de alumnos presentarán las principales diferencias entre el funcionamiento de una pila y la electrólisis. Darán respuesta a los problemas medioambientales planteados y explicarán un tipo de pila y una aplicación electrolítica.

Durante esta actividad dispondrán de dos sesiones de 50 minutos. La primera para preparar el material de la presentación y plantear las aplicaciones. En la segunda sesión dispondrán 5 minutos por grupo para presentar sus conclusiones y otros 5 de preguntas del profesor y de sus compañeros.

En ésta fase de la unidad didáctica deberán ser capaces de realizar la presentación empleando terminología empleada a lo largo del tema y de una manera correcta.

#### 4. CONCLUSIONES

La enseñanza de las materias de ciencias en Bachillerato plantea numerosas limitaciones debido a la urgencia en la preparación de la prueba de acceso a la universidad. El 2º curso de Bachillerato se focaliza a la preparación de los alumnos a la obtención de una buena calificación en la PAU. Es un objetivo concreto y necesario para el acceso a los estudios universitarios y una criba para poder elegir estudios posteriores. Esta realidad choca de frente con la innovación didáctica que pretenden impulsar las nuevas leyes orgánicas de educación, basadas en el desarrollo de competencias, en el trabajo en equipo, en la autonomía del alumno, entre otras. Esta situación deja al profesor entre, el deber de innovar en el aula, y la necesidad de ceñirse a una metodología que garantice buenos resultados en la PAU.

En los últimos 35 años se han implantado 7 leyes de educación y en la LOMCE se anunciaba la supresión de la PAU. La falta de conformidad entre los agentes educativos y el gobierno ha provocado la retirada de este artículo de la ley, manteniendo la PAU como criterio válido para el acceso a la universidad. La falta de unidad en materia de educación lleva a contradicciones como la explicada más arriba. La contrariedad entre querer innovar y quedarse anclado en evaluaciones que no permiten la innovación. Por tanto, plantear una unidad didáctica basada en el ABP supone una innovación docente que aporta un nuevo estilo de enseñanza, pero que puede plantear incertidumbre en materia de evaluación de cara a la PAU.

El desarrollo de la UD, que se presenta en este trabajo, ha supuesto la creación de un entorno personal de aprendizaje en materia de ABP, la profundización de la metodología, la búsqueda de recursos en el área de la electroquímica, pero sobre todo ha supuesto un viaje a la innovación, un proceso de búsqueda por salir de la metodología tradicional y plantear otra forma de trabajar en el aula.

El objetivo general de este trabajo era estudiar la metodología didáctica del ABP para innovar en el proceso enseñanza-aprendizaje de la electroquímica a nivel de 2º de Bachillerato. A lo largo del trabajo se ha fundamentado en qué consiste trabajar mediante ABP, su origen en las aulas de la facultad de medicina y su expansión a otras disciplinas. Se ha revisado su aplicación a nivel universitario y

se ha planteado su potencial a nivel de secundaria y bachillerato, recorriendo el trabajo de varios autores que han trabajado con ABP materias de química y planteando las dificultades del proceso de enseñanza-aprendizaje de la electroquímica.

En líneas generales se han cumplido los objetivos específicos de este trabajo:

Por un lado, el planteamiento del marco teórico ha permitido establecer una comparativa entre la metodología ABP y la enseñanza tradicional. En el marco teórico se ha llevado a cabo una comparativa de ambas metodologías de enseñanza, se ha planteado la aportación del estudio de la química al desarrollo de competencias del alumno y se ha llegado a la conclusión que metodologías centradas en el alumno, como el ABP, resultan innovadoras y potencian el desarrollo de competencias en los alumnos.

También se ha marcado como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre las dificultades que presenta la enseñanza de la electroquímica. Se han encontrado trabajos de investigación que tratan de concretar la dificultad de los alumnos en el aprendizaje de conceptos electroquímicos y también las dificultades de los profesores en la enseñanza. Se han concretado conceptos como reacción redox, agente oxidante y agente reductor, mecanismo de electrólisis y su aplicación práctica, conducción de la electrolisis por iones, y producto obtenido en el cátodo y en el ánodo. Tener esta perspectiva de la dificultad del área de la electroquímica da al profesor una visión de los conceptos en los que tiene que poner mayor atención para recoger las dudas o reflexiones de los alumnos. Todos estos conceptos se tratan a lo largo de la unidad didáctica y se plantean problemas reales donde se tratan y se trabaja con simulaciones para el acercamiento a estos conceptos.

Por tanto el tercer y último objetivo específico, el diseño de una unidad didáctica para trabajar la electroquímica en 2º de Bachillerato se ha llevado a cabo y planteado con la mayor rigurosidad en cuanto a contenidos, temporalización, competencias transversales y comunes, así como evaluación. En el diseño de la UD se han planteado 10 sesiones con experiencias prácticas, numerosas actividades de búsqueda de información que desarrollen la inquietud científica acerca de la realidad que se les plantea, y que generan destrezas de manejo de

buscadores de internet, palabras clave y se les guía en el criterio para seleccionar fuentes de información fiables.

El ABP parte de un problema que les acerca a la vida real y que supone una invitación a la reflexión sobre lo que piensan que saben los alumnos acerca de un tema y su conocimiento real, mostrando a la química como fuente de explicaciones de muchos problemas de la vida cotidiana. Este aspecto, permite aproximar la enseñanza hacia un enfoque significativo.

La última sesión se refiere a una comunicación oral de los resultados obtenidos y que genera mucha expectativa porque recoge un resumen de toda la UD. En esta actividad se busca que el alumno tenga capacidad de síntesis, organización de los resultados y capacidad de comunicación.

Todas estas actividades se salen, como hemos dicho al inicio, de la tradicional metodología de enseñanza-aprendizaje, pero resultan innovadoras para plantear otras maneras de enseñar y de adquirir conocimiento que impulsen al alumno a ser protagonista de su aprendizaje.

En general, la metodología ABP les aporta a los alumnos la capacidad de desarrollarse en el crecimiento de distintas competencias transversales. En el caso de trabajar materias de ciencias les aporta una competencia científica. Ésta elude a la habilidad para utilizar los conocimientos y metodologías científicas para explicar la realidad que nos rodea. Y mediante la reflexión del problema, la lluvia de ideas se les impulsa en esta dirección. Otra competencia que se trabaja es la matemática, que busca aplicar el razonamiento matemático a los problemas de la vida cotidiana. Además de estas competencias es fundamental el progreso en la comunicación, saber transmitir ideas e interactuar con los demás de manera oral o escrita (competencia en comunicación lingüística).

Además de las competencias transversales, la metodología ABP contribuye a la adquisición y crecimiento de varias competencias generales: Aprender a comunicarse en formato digital, empleando herramientas informáticas, buscadores de información, bases de datos, procesadores de texto y de presentación digital.

Aprender a pensar, a aprender por sí mismos, de modo que sean personas autónomas, con motor propio, que adquieran recursos para afrontar su propio aprendizaje y vayan adquiriendo criterio.

La competencia para convivir, trabajar en equipo, saber escuchar y valorar las aportaciones de los demás. Pero también aprendiendo a implicarse en los proyectos y a hacerse responsable del desarrollo de los mismos. Esta competencia se trabaja en el ABP ya que el trabajo colaborativo es parte esencial de la metodología.

La Competencias para la iniciativa y el espíritu emprendedor resulta un filón ya que implica que los alumnos pasen de la idea al acto. Supone creatividad, capacidad de asumir riesgos para planificar y gestionar proyectos. En este sentido, habrá alumnos que destaquen, por su forma de ser en este ámbito y otros alumnos que habrá que impulsarles porque tengan menos iniciativa para hacer las cosas.

Por último, la competencia para aprender a ser supone la reflexión sobre los propios pensamientos y acciones que se producen en los diferentes ámbitos de la vida, y que el profesor como guía puede detectar en los alumnos y orientarlos en caso de necesidad. En este ámbito se trabaja la valoración de cada persona hacia sí misma. En éste sentido, la obtención de resultados en el ámbito académico, la culminación de un proyecto, el aprecio entre los alumnos contribuye a tener una buena valoración de uno mismo. De modo que la metodología ABP contribuye, por su planteamiento y metodología, a la potenciación de las diferentes competencias en el alumnado.

.



## 5. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

La realización de una propuesta de intervención de una unidad didáctica basada en una nueva metodología didáctica presenta algunas limitaciones que se describen a continuación:

1. La preparación de la UD requiere de una dedicación al estudio de la metodología, a la investigación en los beneficios que puede aportar pero constituye un desafío a nivel práctico. En este sentido una de las limitaciones de este trabajo es la falta de experiencia práctica en el uso de estas metodologías, y la presentación de una propuesta didáctica como forma de aproximación a esta nueva metodología. Por lo que, una idea fundamental a la hora de poner en práctica la metodología es que el docente adquiera, antes de aplicarla, la formación suficiente para trabajar con unas mínimas garantías de éxito.

2. El tipo de alumnado. Cuando se habla de tipo de alumnado se quiere decir el nivel de autonomía e iniciativa del grupo de alumnos de una clase que vayan a trabajar con esta metodología. Por ejemplo se tiene que valorar el nivel de motivación del alumno y su iniciativa, de modo que se convierta en el centro del aprendizaje. A través del desarrollo de esta metodología el alumno tendrá la oportunidad de adquirir las competencias enfocadas a la autonomía, la autogestión, aprender a aprender, cultura científica, manejo de buscadores de información, etc. Esta propuesta práctica considera que el alumnado debe estar motivado hacia el aprendizaje para poder llevarla a cabo.

3. Se ha hecho un esfuerzo en profundizar en la metodología ABP, tratar de aplicarlo a un nivel educativo muy enfocado a la realización de la PAU, y que por lo tanto resulta bastante desafiante a nivel educativo, ya que los docentes buscan resultados en la PAU y no se atreven con nuevas metodologías docentes que no vayan tan enfocadas a la realización de esas pruebas.

4. La mayor limitación de este trabajo es que se trata de una propuesta didáctica que no ha sido contrastada en el aula ni se han recogido impresiones de los alumnos. No obstante, la propuesta se ha diseñado conforme a la metodología ABP y que, por tanto, supone un punto de partida, que podría resultar de utilidad para un profesor innovador que se quiera adentrar por caminos de innovación.

La propuesta de futuro es, en primer lugar, poner en práctica esta UD, y realizar un estudio sobre la satisfacción del alumnado, el grado de aprendizaje de conceptos de electroquímica que presentan mayor dificultad y sobre todo plantear las dificultades con las que se ha tenido que topar el profesor para finalizar con cierto éxito y acogida este ABP.

Otro aspecto a estudiar sería plantear una investigación sobre la eficacia del método didáctico ABP en comparación con el que se utiliza en la enseñanza tradicional. Para ello se utilizaría un grupo de control donde la UD se explicaría en base a la enseñanza tradicional, y el otro grupo en base al ABP. Y se debería fijar unos parámetros de control del nivel de enseñanza-aprendizaje de los conceptos y competencias que se quieren trabajar en la UD, de modo que haya información experimental para comparar las metodologías en el aula.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acar, B. y Tarhan, L. (2007). Effect of cooperative learning strategies on students' understanding of concepts in electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 349–373.
- Acar B. y Turhim L. (2013). Inquiry-Based Laboratory Activities in Electrochemistry: High School Students' Achievements and Attitudes, *Research in Science Education*, 43(1), 413–435.
- Adell, J. y Castañeda, L. (2010). “Los Entornos Personales de Aprendizaje (PLEs): una nueva manera de entender el aprendizaje”. En Roig Vila, R. y Fiorucci, M. (Eds.) Claves para la investigación en innovación y calidad educativas. La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la Interculturalidad en las aulas”, Alcoy. Marfil-Roma TRE Università degli studi.
- Akram, M., Surif, J.B., and Al, M. (2014). Conceptual difficulties of secondary school students in electrochemistry, *Asian Social Science*, 10(19), 276-281.
- Barrows H.S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods, *Medical Education*, 20, 481-486.
- Blogspot sobre electroquímica en el bachillerato, Recuperado el 20 de febrero de 2007 en: <http://quimicaredox.blogspot.com.es/>
- Decreto 127/2016, de 6 de septiembre, por el que se establece el currículo de Bachillerato y se implanta en la Comunidad Autónoma de País Vasco (23/9/2016).
- Ding, T. S., Treagust D.F. y Chandrasegaran A.L. (2012). High School students' proficiency and confidence levels in displaying their understanding of basic electrolysis concepts, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1325-1345.
- EPCA (2017) Asociación Europea de Productores Petroquímicos (EPCA), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), y la Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada (IUPAC), en el Año Internacional de la Química. VIDEO: “Química está en todo lo que rodea” consultado el 28 de enero de 2017 en <http://www.quimicaysociedad.org/2012/10/28/quimica-esta-en-todo-lo-que-te-rodea/>
- Eurydice (2011). Science education in Europe National Policies, *Practices and Research*. Bruselas: EACEA.
- Exley, K. y Dennick, R. (2007). Enseñanza en Pequeños grupos en Educación Superior, Madrid: Narcea.

- Finley, F. N., Stewart, J. y Yarroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science, *Science Education*, 66, 531-538.
- Garnett, P. J. y Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation–reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 121–142.
- Günter T. y Alpat S. K. (2013). The effect of problem-based learning (PBL) on the academic achievement of students studying electrochemistry, The Royal Society of Chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 78-98.
- Fundación telefónica, Monográfico Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) de la Fundación Telefónica. Recuperado el 18 de noviembre de 2016 de <https://innovacioneducativa.fundaciontelefonica.com/>
- Heziberri2020, Marco del modelo educativo pedagógico, Departamento de Educación Política Lingüística y Educación del Gobierno Vasco. Recuperado el 31 de enero de 2017 de: <http://www.hezkuntza.ejgv.euskadi.eus/r43-hezi2020/es/>
- Iowa University, Electrolysis Electrochemical Cell Experiment, Recuperado el 13 de febrero de 2017 de: <http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/electroChem/electrolysis10.swf>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE).
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).
- Madri+d, Tratamiento electroquímico de las aguas residuales, publicado por el departamento de Química Aplicada de la Universidad Autónoma de Madrid en la web Madri+d que trata temas de investigación y desarrollo, Recuperado el 15 de febrero de 2017 de: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2010/09/17/131491>.
- Méndez-Coca, D. (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 XXI*, 18(2), 215.
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje Basado en Problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157.
- Morales, G. y Marina, L. (2008). Empleo del aprendizaje basado en problemas (abp). Una propuesta para acercarse a la química verde, *Tecnología en Marcha*, 1(21), 41-48.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions, *Chemical Education*, 69(3), 191-196.

- Park, S., Lee, E., Blackman, J., Ertmer, P., Simons, K., y Belland, B. (2005). Examining the barriers encountered when planning and implementing technology-enhanced PBL in the middle school classroom. In C. Crawford et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference*, 2039-2043. Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Postman, N. y Weingartner, C. (1969). *Teaching As a Subversive Activity*, Penguin Education Specials, *Delta Publishing*, London.
- Ogude, A. N. y Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical, *Journal of Chemical Education*, 71(1), 29-34.
- Ozkaya, A. R., Uce, M., Saricayir, H. y Sahin, M. (2006). Effectiveness of a conceptual change-oriented, teaching strategy to improve students' understanding of galvanic cells. *Journal of Chemical Education*. 83(11), 1719-1723.
- Pasmanik V. D. y Cerón F. R. (2005). Las prácticas pedagógicas en el aula como punto de partida para el análisis del proceso enseñanza-aprendizaje: un estudio de caso en la asignatura de química, *Estudios Pedagógicos*, 2(31), 71-87.
- Padilla, D., Santiuste, V., Vega, F. A., López, R., Martínez, M. C., y Rodríguez, C. R. (2010). El Aprendizaje Basado en Problemas en Ciencias de la Salud, *Revista de Psicología y Educación*, 5(1), 187-200.
- Rodríguez-Arteche, I. y Martínez-Aznar, M.M. (2016). Introducing Inquiry-Based Methodologies during Initial Secondary Education Teacher Training Using an Open-Ended Problem about Chemical Change, *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1528-1535.
- Tarhan, L. y Acar, B. (2007). Problem-Based Learning in an Eleventh Grade Chemistry Class: 'Factors affecting cell potential, *Research in Science Technological Education*, 25(3) 351-369.
- Trujillo Sáez, F. (2012). Enseñanza basada en proyectos: una propuesta eficaz para el aprendizaje y desarrollo de las competencias básicas, *Eufonía*, 55, 7-15.
- Trujillo Sáez, F. (2016). El diseño de proyectos y el currículo, *Cuadernos de Pedagogía*, 472.
- UPM (2008). Aprendizaje Basado en Problemas, Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Tabla de Valores de Potencial normal de reducción.

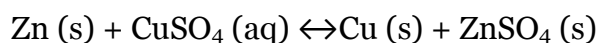
<b>Algunos potenciales normales de reducción (25°C)</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Semirreacción</b>	<b>E° (V)</b>
Li <sup>+</sup> / Li	Li <sup>+</sup> + 1 e <sup>-</sup> ↔ Li	-3,04
K <sup>+</sup> / K	K <sup>+</sup> + 1 e <sup>-</sup> ↔ K	-2,92
Ca <sup>2+</sup> / Ca	Ca <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Ca	-2,87
Na <sup>+</sup> / Na	Na <sup>+</sup> + 1 e <sup>-</sup> ↔ Na	-2,71
Mg <sup>2+</sup> / Mg	Mg <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Mg	-2,37
Al <sup>3+</sup> / Al	Al <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup> ↔ Al	-1,66
Mn <sup>2+</sup> / Mn	Mn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Mn	-1,18
Zn <sup>2+</sup> / Zn	Zn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Zn	-0,76
Cr <sup>3+</sup> / Cr	Cr <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup> ↔ Cr	-0,74
Fe <sup>2+</sup> / Fe	Fe <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Fe	-0,41
Cd <sup>2+</sup> / Cd	Cd <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Cd	-0,40
Ni <sup>2+</sup> / Ni	Ni <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Ni	-0,25
Sn <sup>2+</sup> / Sn	Sn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Sn	-0,14
Pb <sup>2+</sup> / Pb	Pb <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Pb	-0,13
H <sup>+</sup> / H <sub>2</sub>	2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ H <sub>2</sub>	0,00
Cu <sup>2+</sup> / Cu	Cu <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ Cu	0,34
I <sub>2</sub> / I <sup>-</sup>	I <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup> ↔ 2 I <sup>-</sup>	0,53
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> / MnO <sub>2</sub>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 2 H <sub>2</sub> O + 3 e <sup>-</sup> ↔ MnO <sub>2</sub> + 4 OH <sup>-</sup>	0,53
Hg <sup>2+</sup> / Hg	Hg <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ↔ 2 Hg	0,79
Ag <sup>+</sup> / Ag	Ag <sup>+</sup> + 1 e <sup>-</sup> ↔ Ag	0,80
Br <sub>2</sub> / Br <sup>-</sup>	Br <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup> ↔ 2 Br <sup>-</sup>	1,07
Cl <sub>2</sub> / Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup> ↔ 2 Cl <sup>-</sup>	1,36
Au <sup>3+</sup> / Au	Au <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup> ↔ Au	1,50
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> / Mn <sup>2+</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 8 H <sup>+</sup> + 5 e <sup>-</sup> ↔ Mn <sup>2+</sup> + 2 H <sub>2</sub> O	1,51

## **Anexo 2. Fundamento teórico sobre la pila galvánica.**

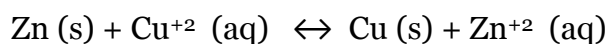
La célula galvánica o pila galvánica es un dispositivo que utiliza las reacciones redox para convertir la energía química en energía eléctrica. La reacción química utilizada es siempre **espontánea**. Este dispositivo consiste en dos **electrodos** de diferentes metales, que proporcionan una superficie sobre la que ocurren las reacciones de oxidación y reducción. Estos electrodos se colocan en dos compartimentos separados, inmersos en un medio que contiene iones en concentraciones conocidas, separados por una placa porosa o membrana, que puede estar compuesta por acristalamiento arcilla, porcelana u otros materiales.

Las dos semiceldas se llaman **celdas electroquímicas** y los compartimentos están diseñados para separar los dos reactivos que participan en la reacción redox. Por último, los dos electrodos están conectados por un circuito eléctrico, que se encuentra fuera de la célula, llamado circuito externo, garantizando el flujo de electrones entre los electrodos.

Por ejemplo, una lámina de zinc en una disolución acuosa de sulfato de cobre (II), se produce la siguiente reacción de forma espontánea ( $AG < 0$ ) porque  $AE \text{ pila} > 0$ . Esto se debe a que  $E \text{ cátodo}$  es mayor que  $E \text{ ánodo}$ .

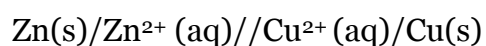


La lámina de zinc se va disolviendo poco a poco, mientras que sobre ella se deposita cobre metálico, y el color azul intenso característico de  $\text{CuSO}_4$  se va haciendo cada vez más débil, hasta atenuarse casi por completo. La reacción anterior, se puede expresar de la siguiente manera:



Los electrones que cede el zinc al oxidarse, antes de ser captados por los iones de  $\text{Cu}$ , se ven forzados a pasar a través de un conductor por el que circulará una corriente eléctrica detectable mediante un voltímetro. Este dispositivo constituye el esquema del funcionamiento de una pila Galvánica llamada en honor de su inventor, el químico inglés John Frederic Daniell (1790- 1845) y constituida por un electrodo de zinc sumergido en una disolución de iones de  $\text{Zn}^{2+}$  y otro electrodo

de cobre sumergido en una de iones de  $\text{Cu}^{2+}$ . Cuya notación esquemática se realiza de la siguiente manera:

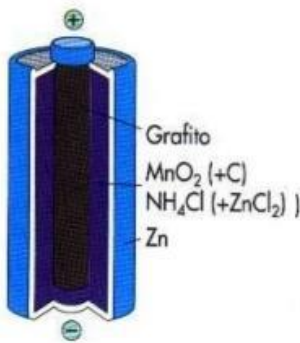


Por convenio, en la izquierda se escribe el ánodo y a la derecha el cátodo. La doble barra simple representa la separación entre dos fases. Y la diferencia de potencial entre los dos electrodos se define como **fuerza electromotriz** de la pila. El valor de este factor determinará si la reacción es espontánea o no.

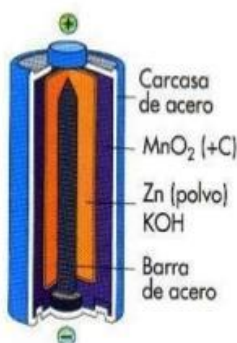


### Anexo 3. Esquemas de Tipos de Pilas

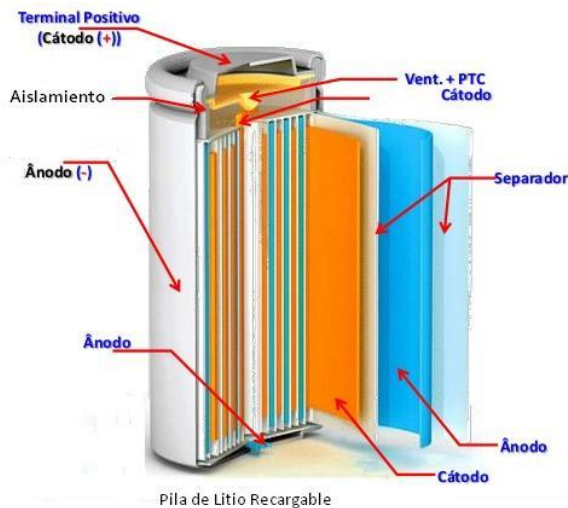
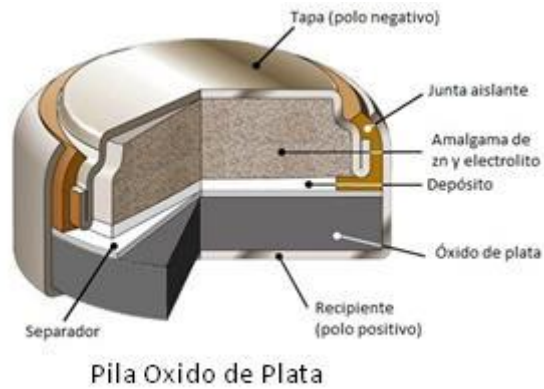
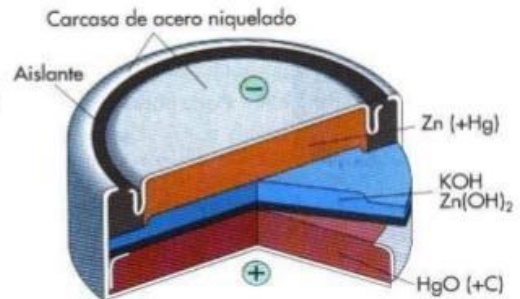
#### Salina



#### Alcalina



#### De mercurio (botón)



#### Fuentes:

<http://www.industrialmarti.com/noticias/121-como-funcionan-las-pilas-de-oxido-de-plata>

<https://es.slideshare.net/mjabasolo/eco-charla-3-de-puntoverdetandil-contaminacion-por-pilas-y-baterias-mirta-barbosa-junio-2014>

#### ANEXO 4. Normativa para la Seguridad en el laboratorio

No toques sustancias químicas con las manos.	Utiliza una espátula.
Si utilizas una pipeta, no succiones con la boca.	Puedes ingerir algún producto tóxico.
No mezcles nunca nada cerca del rostro. Lávate bien las manos una vez finalizada la experiencia.	Si se produce una reacción química, puede salpicarte.
Si alguna sustancia salpica la piel, avisa inmediatamente al profesor o profesora.	En una situación así es importantísimo mantener el control.
Los envases de los productos que utilices deben ir etiquetados.	Lee siempre su etiqueta antes de utilizarlos.
Nunca pruebes ni huelas los productos que manipulas.	Tanto si son sólidos, como si están disueltos o se trata de gases.
Si derramas algo sobre la mesa, avisa al profesor o profesora antes de recogerlo.	Ellos te indicarán la forma más conveniente de recogerlo.
Ten mucho cuidado con los líquidos calientes o que están hirviendo.	Si se derraman pueden producir graves quemaduras.
Al calentar una sustancia en un tubo de ensayo, el extremo abierto debe orientarse adecuadamente.	Así, si sale despedido el contenido, evitarás un accidente.
No calientes nunca un tubo de ensayo cerrado.	Puede estallar.
Evita situar cerca del fuego las sustancias que son inflamables.	¡No favorezcas la propagación de un incendio!
Cuidado con los objetos metálicos y con el vidrio.	¡No se distingue si están fríos o calientes!
Pon especial atención a los aparatos y circuitos eléctricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando realices una experiencia con electricidad, no debes conectar el circuito hasta que el profesor o profesora lo avise.</li> <li>• Fíjate bien en las conexiones y en los cables eléctricos, sobre todo si están pelados.</li> <li>• No realices experiencias eléctricas si tienes las manos mojadas. Conviene que utilices zapatos o zapatillas con la suela de goma.</li> </ul>

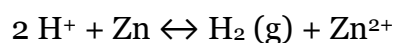
No viertas los desechos de golpe al desagüe.	Si se pueden eliminar así, deja correr el agua y viértelos poco a poco. Echa el papel de filtro y los restos sólidos a la basura.
--	---

### **Anexo 5. Batería del limón**

Departamento de Química, Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes.

Compara y relaciona la química, e identifica los componentes de esta batería, esta vez Zn/C que viste en el en un marco “natural”. No todas las baterías son como la de experimento anterior. Para fabricar una, sólo necesitas tener una especie que pueda oxidar a otra y una manera de separar las reacciones. En este caso, aprovecharás dos cosas: por un lado, los diferentes potenciales de reducción de dos metales conocidos, y por otro, el contenido normal de electrolitos de un organismo viviente: un limón, por ejemplo. Éste nos proporcionará iones Cu(II) y Fe(II) para hacer funcionar la batería.

Puedes realizar una batería sencilla colocando dos objetos metálicos diferentes dentro de un limón. Los metales son los electrodos de la batería, el jugo del limón que contiene un ácido débil, es el electrolito. Una pieza de zinc y una barra de cobre pueden trabajar muy bien como electrodos. La fuerza electromotriz producida puede encender un diodo emisor de luz. Para encender una bombilla se requiere mucha más corriente de la que se genera en esta celda “natural”. Para medir la corriente generada debes usar un miliamperímetro que sea capaz de detectar corrientes tan bajas como 1 miliamperios (mA) o 0,001 Amperios (A). Para obtener mayor corriente debes conectar varios de estos dispositivos en paralelo, por ejemplo para encender una pequeña bombilla o un ventilador. Para que la batería del limón funcione mejor con los electrodos de Zn, que pueden fabricarse a partir de los restos de una simple pila de Zn/C, conviene sumergirlos un rato antes en el limón, permitiendo disolver algo de Zn según la ecuación:



Los protones (H<sup>+</sup>) son aportados por el medio ácido dentro del limón. Una bombilla de linterna requiere normalmente 0,250 A. Calcula cuantos limones se requieren para encender una bombilla como esta si una celda construida con un limón genera tan sólo 0,0005 A. ¿Cómo debes conectar los limones? ¿En serie o en paralelo?

En caso de que no encienda:

- Fíjate bien en las conexiones y electrodos; que los cables no estén cortados y que haya buen contacto.
- Puede ser que no haya suficientes iones  $\text{Cu(II)}$  o  $\text{Zn(II)}$  en el medio de reacción. Inyecta 0,5mL de solución de los iones correspondientes en cada electrodo.
- La potencia de la batería formada no alcanza para hacer circular corriente suficiente. Arma otra batería-limón en serie (poniendo tres batería de limón en serie puedes hacer funcionar una calculadora).

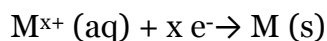
Fuente: Martínez Y, Hernández R., Imaginación y creatividad (2004). Experimentos sencillos y económicos, I Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química, Recuperado el 15 de febrero de 2017 de: [www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16717/1/electro2.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16717/1/electro2.pdf)

## Anexo 6 Teoría sobre las leyes de Faraday

*1ª ley de Faraday:* La cantidad de sustancia que se deposita o se desprende en los electrodos de una celda electrolítica es proporcional a la cantidad de electricidad que circula por el sistema

*2ª ley de Faraday:* la carga total que debe pasar por una celda electrolítica para que circule 1 mol de electrones es de 96500C (1F).

Para la semireacción redox:



Por cada mol de M depositado, circularán x moles de electrones. Si se hace circular una carga Q [ $Q (C) = I (A) t (s)$ ], se depositará una masa m(g) de metal. En la siguiente Figura 5 se observa un ejemplo de simulación. Se aplican 1.40V durante 15min a un sistema  $Ag^{+}/Ag(s)$  y  $Cu^{2+}/Cu(s)$ .

Por ejemplo la masa cedida por el electrodo de Ag será:

$$Q = I(A) * t (s) = 0.5A * 12.5min * \frac{60s}{1min} = 375 C$$

$$m Ag = 375 C * \frac{1mol e}{96500C} * \frac{1mol de Ag}{1mol de e} * \frac{107.8682gAg}{1mol Ag} = 0.42g Ag$$