



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

**Trabajo Fin de Máster**

La enseñanza de la  
Electroquímica en 2º de  
Bachillerato con un enfoque  
Ciencia-Tecnología-Sociedad-  
Ambiente

**Presentado por:** Miguel Morales Comas  
**Tipo de trabajo:** Propuesta de intervención  
**Director/a:** M<sup>a</sup> Natividad Pérez Camacho

**Ciudad:** Barcelona  
**Fecha:** 05/06/2019

## **RESUMEN**

Tradicionalmente, se ha observado que la electroquímica es uno de los temas de la Química más complejos de enseñar para los profesores y aprender para los estudiantes, debido a la naturaleza abstracta de sus conceptos. Un aspecto ligado con dicha dificultad, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ha sido la desconexión entre la electroquímica y la vida cotidiana. Sin embargo, en las últimas décadas ha surgido un cambio de paradigma para el campo de la educación científica, basado en el enfoque de ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), el cual está orientado para conseguir la alfabetización científica y tecnológica. La educación con enfoque CTSA persigue relacionar la intervención de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el medio ambiente, y viceversa, con el fin de mejorar el aprendizaje del alumnado en las ciencias y de formar ciudadanos informados, preparados para asumir la responsabilidad de los problemas sociales relacionados con la ciencia y la tecnología. Así, el objetivo de la presente propuesta de intervención educativa ha sido diseñar una unidad didáctica de electroquímica, para el alumnado de segundo curso de Bachillerato, con un significativo enfoque CTSA. En primer lugar, se ha realizado un análisis del marco teórico con el fin de diseñar una propuesta de intervención fundamentada en la literatura reportada por numerosos autores de referencia, cuyos estudios se han orientado en la educación CTSA desde diferentes perspectivas. Posteriormente, se ha elaborado la unidad didáctica, en la cual se han diseñado diversas actividades basadas en el enfoque CTSA y el uso de varias metodologías activas. Como resultado se ha obtenido una propuesta de intervención que pretende favorecer el aprendizaje significativo de la electroquímica.

### **Palabras clave:**

Ciencia, Tecnología, Sociedad y medio Ambiente (CTSA); Química; Electroquímica; Reacciones redox; Bachillerato.

## **ABSTRACT**

*Traditionally, electrochemistry has been one of the topics in Chemistry more difficult for teaching and learning for teachers and students, respectively, due to the abstract nature of their concepts. In the teaching-learning process, the disconnection between electrochemistry and daily life has been a crucial aspect associated to that difficulty. However, in the last decades, a paradigm shift has arisen for the field of scientific education, based on the science-technology-society-environment (STSE) approach, which is oriented to achieve scientific and technological literacy. Education with a STSE approach seeks to relate the intervention of the science and technology in the society and environment, and vice versa, in order to improve student learning in the sciences and educate informed citizens, prepared to assume their responsibility of the social problems related to science and technology. Thus, the main objective of the present educational proposal has been the design of a didactic unit for electrochemistry, for the Second Course in High School, with a significant STSE approach. Firstly, an analysis of the theoretical framework has been carried out in order to design an intervention proposal based on the literature reported by numerous reference authors, whose studies have been focused on STSE education from different perspectives. Subsequently, the didactic unit has been developed, in which various activities based on the STSE approach and the use of several active methodologies have been performed. As a result, an intervention proposal has been obtained that aims to promote the significant learning of electrochemistry.*

### **Keywords:**

*Science, Technology, Society and Environment (STSE); Chemistry; Electrochemistry; Redox reactions; High school.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	8
2.1. Justificación y planteamiento del problema.....	8
2.2. Objetivos.....	11
2.2.1. Objetivo general.....	11
2.2.2. Objetivos específicos.....	11
3. MARCO TEÓRICO.....	12
3.1. Definición de Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) en el ámbito educativo.....	12
3.2. El enfoque CTSA como cambio de paradigma en la educación de ciencias.....	13
3.3. Objetivos de la educación en ciencias con un enfoque CTSA.....	14
3.4. Contenidos de los cursos y proyectos con enfoque CTSA.....	15
3.5. Formas de estructurar e incorporar el proyecto CTSA en el aula.....	17
3.6. Conexiones dentro del proyecto CTSA.....	18
3.7. Conexiones CTSA a través del currículum.....	20
3.8. Fases para la implementación del enfoque CTSA en el curso.....	23
3.9. Dificultades de la educación CTSA asociadas al rol del profesor.....	24
3.10. Creencias de los docentes sobre la enseñanza-aprendizaje a través de CTSA.....	25
3.11. Estrategias de enseñanza-aprendizaje con enfoque CTSA.....	27
3.12. Aprendizaje cooperativo en la educación con enfoque CTSA.....	28
4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	30
4.1. Introducción.....	30
4.2. Contexto y destinatarios.....	31
4.3. Objetivos curriculares.....	31
4.4. Competencias básicas y específicas.....	33
4.5. Contenidos y criterios de evaluación.....	34
4.6. Metodología.....	37
4.7. Actividades y temporalización.....	38
4.8. Recursos.....	51
4.9. Evaluación y calificación.....	51

4.10. Medidas de atención a la diversidad.....	55
4.11. Evaluación de la propuesta.....	56
5. CONCLUSIONES.....	59
6. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA.....	62
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
8. ANEXOS.....	71
8.1. ANEXO I: Introducción y cuestiones planteadas para la actividad 7.....	71
8.2. ANEXO II: Introducción y procedimiento experimental para la práctica de la actividad 9.....	75
8.3. ANEXO III: Introducción y procedimiento experimental para la práctica de la actividad 10.....	77
8.4. ANEXO IV: Introducción y procedimiento experimental para la práctica de la actividad 11.....	79
8.5. ANEXO V: Rúbrica para la evaluación de la observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud) en las actividades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.....	80
8.6. ANEXO VI: Rúbrica para la evaluación del trabajo en clase, de los informes de investigación y cuestionarios propuestos en las actividades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.....	81
8.7. ANEXO VII: Rúbrica para la evaluación de la presentación oral de las actividades 5 y 7.....	82
8.8. ANEXO VIII: Rúbrica para la autoevaluación y coevaluación de la presentación oral de las actividades 5 y 7.....	83
8.9. ANEXO IX: Rúbrica para la evaluación de la observación directa del trabajo en el laboratorio en las actividades 9, 10 y 11.....	84
8.10. ANEXO X: Rúbrica para la evaluación del informe de prácticas de las actividades 9, 10 y 11.....	85
8.11. ANEXO XI: Autoevaluación de la práctica docente.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Oportunidades para generar conexiones entre temas con enfoque CTSA.....	18
<b>Figura 2.</b> Integrando conceptos en el enfoque CTSA.....	19
<b>Figura 3.</b> Oportunidades para realizar conexiones a través del currículum.....	21
<b>Figura 4.</b> Diana de evaluación de la propuesta de intervención.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Relación de contenidos, criterios de evaluación, objetivos competenciales, indicadores de logro, actividades y competencias básicas y específicas de la unidad didáctica.....	35
<b>Tabla 2.</b> Descripción de las actividades y su temporalización para la presente unidad didáctica.....	38
<b>Tabla 3.</b> Ficha de la actividad 1.....	39
<b>Tabla 4.</b> Ficha de la actividad 2.....	40
<b>Tabla 5.</b> Ficha de la actividad 3.....	41
<b>Tabla 6.</b> Ficha de la actividad 4.....	42
<b>Tabla 7.</b> Ficha de la actividad 5.....	43
<b>Tabla 8.</b> Ficha de la actividad 6.....	44
<b>Tabla 9.</b> Ficha de la actividad 7.....	45
<b>Tabla 10.</b> Ficha de la actividad 8.....	46
<b>Tabla 11.</b> Ficha de la actividad 9.....	47
<b>Tabla 12.</b> Ficha de la actividad 10.....	48
<b>Tabla 13.</b> Ficha de la actividad 11.....	49
<b>Tabla 14.</b> Ficha de la actividad 12.....	50
<b>Tabla 15.</b> Recursos empleados en cada actividad de la presente unidad didáctica.	51
<b>Tabla 16.</b> Técnicas e instrumentos de evaluación empleados en cada actividad de la presente unidad didáctica.....	52
<b>Tabla 17.</b> Ponderación parcial de los instrumentos de evaluación sobre la calificación global para la presente unidad didáctica.....	54

## 1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la Química se ha visto como una materia escolar difícil por los estudiantes de diferentes edades en muchos países, debido a que tiene numerosos conceptos abstractos relacionados con los principios fundamentales de la naturaleza (Ayas & Demirbaş, 1997; Camacho, 2011; Nakhleh, 1992; Orgill & Bodner, 2004).

Entre los diferentes temas de Química, se ha observado que la electroquímica es probablemente uno de los más complejos de enseñar para los profesores y aprender para los estudiantes, debido a la naturaleza abstracta de los conceptos (Butt & Smith, 1987; Chiu & Chou, 2002; Finley, Stewart & Yarroch, 1982; Ogude & Bradley, 1996). Dicha complejidad se debe en parte a que para describir los procesos electroquímicos es necesario combinar diferentes niveles: (1) el macroscópico relacionado con los fenómenos que percibimos a simple vista; (2) el microscópico asociado a los fenómenos que ocurren a escalas no visibles a simple vista, involucrando a moléculas, átomos, iones y electrones; y (3) el simbólico relacionado con el manejo de símbolos químicos y ecuaciones matemáticas (Johnstone, 1991). Ello tiene lugar en un tema relevante en el currículo de la Química de Bachillerato, debido a su marcado carácter multidisciplinar y, por tanto, de gran importancia en muchos campos del conocimiento de otras disciplinas, tales como la agricultura, astronomía, biología, ciencia de los materiales, farmacia, geología, medicina, ingeniería,...

Con el fin de solucionar la problemática comentada, es necesario realizar un estudio del arte para determinar los problemas que tiene el alumnado en el aprendizaje de la electroquímica, así como las propuestas de los estudios específicos que se han reportado en la literatura especializada y sus resultados en su implementación en el aula. Estos aspectos se tratarán en el siguiente apartado, en el cual se expondrá el planteamiento del problema, la justificación del mismo y los principales objetivos de la presente memoria.

## **2. JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**

### **2.1. Justificación y planteamiento del problema**

Dada la complejidad del aprendizaje de la electroquímica, se han realizado numerosos estudios focalizados en la investigación de los problemas que tiene el alumnado en su aprendizaje, así como las ideas erróneas que se encuentra sobre conceptos básicos de la misma (Allsop & George, 1982; Garnett & Treagust, 1992a; Garnett & Treagust, 1992b; Sanger & Greenbowe, 1997; Schmidt, Marohn & Harrison, 2007; Yilmaz & Bayrakçeken, 2015). Específicamente, Allsop & George (1982) mencionan que el alumnado tiene dificultades en el uso de los potenciales de reducción estándar, en la predicción de la espontaneidad de las reacciones redox y en la construcción de los diagramas de las celdas electroquímicas. También tienen problemas para comprender el principio de electroneutralidad, el sentido del flujo de corriente en las disoluciones electrolíticas y en el puente salino de una celda electroquímica. Como apuntan diferentes trabajos, tales como Garnett & Treagust, 1992a; Garnett & Treagust, 1992b; Ogude & Bradley, 1994, los estudiantes frecuentemente creen que el movimiento de los iones en la disolución no constituye una corriente eléctrica y que los electrones pueden ser transportados a través de un electrolito y/o de un puente salino. Sanger & Greenbowe (1997) comentan otro error típico de los estudiantes relacionado con la creencia de que sólo los aniones (iones con carga negativa) tienen capacidad para conducir la corriente eléctrica en el electrolito y en el puente salino. Estas creencias probablemente surgen de la idea de que la corriente eléctrica se debe solo al movimiento de electrones y no de los iones.

En las últimas décadas, con el fin resolver la situación problemática respecto a la dificultad del aprendizaje de la electroquímica y las ideas previas erróneas del alumnado, se ha reportado numerosos estudios, enfocados desde diferentes perspectivas, para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de la electroquímica. Mayoritariamente, los estudios recomiendan un aprendizaje significativo y constructivista, partiendo de las ideas previas de los estudiantes, y combinando la historia de la electroquímica y la epistemología de la misma (Camacho, 2011; Hurtado, & Benavides, 2013; Martínez, 2013; Sheeban & Childs, 2008; Valencia, Vera, Montiel, Stoppello, & Giménez, 2011). Además, de acuerdo con Sheeban & Childs (2008), es necesario identificar diferentes concepciones alternativas de los estudiantes para que los profesores puedan formular estrategias que permita a los estudiantes conceptualizar de manera más apropiada, mejorando así sus logros en la enseñanza de la electroquímica. Para promover el aprendizaje significativo,

identificar y cambiar los conceptos erróneos que los estudiantes tienen sobre la electroquímica, se han utilizado diferentes métodos, metodologías, técnicas y/o recursos. Con dicho fin, entre otros, se ha propuesto el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) mediante animaciones por computadora (Doymus, Karacop & Simsek, 2010; Sanger & Greenbowe, 2000; Yang, Andre & Greenbowe, 2003), el aprendizaje asistido por computadora (Talib, Matthews & Secombe, 2005), modelos de enseñanza concretos de la electroquímica para la instrucción del cambio conceptual (Dorsah & Acquaye, 2018; Huddle, White & Rogers, 2000; Sanger & Greenbowe, 2000), las estrategias de aprendizaje cooperativo (Acar & Tarhan, 2007), el aprendizaje basado en problemas (ABP) (Delgado, 2017), el enfoque interdisciplinario de la electroquímica (Pintor Alfonso, J. A., 2015), las técnicas de rompecabezas (Doymus, Karacop & Simsek, 2010), y el uso de las analogías con una planificación previa como recurso de enseñanza-aprendizaje (Fernández, González & Moreno, 2003; Glynn, 2007; Glynn & Takahashi, 1998). Recientemente, algunos autores de educación científica han propuesto que la eficacia de las analogías mejora con la participación activa del alumno en su construcción (Gómez & Lavín, 2016). Otras líneas de estudios enfocan el aprendizaje de la electroquímica mediante el trabajo de las experiencias de laboratorio (Heredia-Avalos, 2007; May & Gupta, 1997). Algunas propuestas proponen la implementación de una estrategia didáctica específica, dependiendo de la temática de la aplicación de la electroquímica (Chirpich, 1975; Matute, Pérez & Di' Bacco Vera, 2009). Por tanto, se puede concluir que no existe una estrategia única capaz de solucionar las dificultades que surgen en la enseñanza de la electroquímica, que funcione con todos los estudiantes y en todos los contextos.

Tradicionalmente, otro aspecto ligado con la dificultad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química, y en concreto de la electroquímica, ha sido la desconexión entre la ciencia y la vida cotidiana. En la década de los 90, algunos expertos como Del Río & Álvarez (1992) apostaron por dicha desconexión, pero a su vez creían necesaria cierta existencia de una conexión emocional y vital para que el alumno pudiera establecer esas relaciones entre lo aprendido y su entorno. Otros investigadores como Moreno (1994) advirtieron de la importancia de no desligar los contenidos que se enseñan de lo cotidiano, es decir, conectar la teoría con la aplicación real. De este modo es el propio entorno, la vida, el que sirve para ejemplificar y hacer comprensible la teoría. Más tarde, otros autores como Jiménez, Sánchez & de Manuel (2001) han demostrado qué a través de las clases de ciencias, se consigue una conexión real entre los contenidos teóricos que se imparten en las mismas y aquello que puede aplicarse a la vida cotidiana. Más recientemente, Arán-

Ais & col. (2013) reportan el papel de la electroquímica en numerosas situaciones de la vida cotidiana en las que presenta un protagonismo relevante, particularmente en la sociedad actual de la información, dónde los móviles, tablets, portátiles,..., juegan un rol tan relevante para nosotros. Además, añaden que las unidades didácticas de electroquímica frecuentemente se centran en impartir unos pocos conceptos teóricos concretos como las celdas en equilibrio y la espontaneidad de las reacciones redox. Concluyen que habitualmente, se falla en la transmisión de los aspectos más relevantes de dicha ciencia y sus relaciones con otras, y la falta de aplicaciones de dichos conceptos en la vida cotidiana. Finalmente, la relevancia de dicha conexión entre las situaciones cotidianas y la Química, y en particular la electroquímica, queda patente en los diversos apartados del currículo de Química de 2º de Bachillerato establecido por la legislación educativa española vigente en la Comunidad Autónoma de Cataluña, tanto a nivel estatal (Real Decreto 1467/2007) como autonómico (Decreto 142/2008).

Una vez ha quedado constatado, a través de la literatura y la legislación, la importancia del acercamiento de lo cotidiano a la electroquímica, surge la cuestión de cómo plantear situaciones cotidianas contextualizadas para la confección del currículo. Diversos autores han reportado el replanteamiento en la elaboración del currículo que conlleva la conexión entre la ciencia escolar y la de la calle, que pretende lograr el desarrollo de la alfabetización científica de los estudiantes de ciencias de cualquier nivel educativo (Rodrigo, 1993; Sanmartí, 2000), y más específicamente de Química (Jiménez, M. R., Sánchez M. A. & de Manuel, E., 2001; Jiménez, M. R., Sánchez M. A. & de Manuel, E., 2003; Pinto, 2003; Gómez & Pozo, 2009). En el caso de la electroquímica, a pesar de la necesidad de aproximar la misma al alumnado a través de experiencias cotidianas, solamente algunos estudios específicos han reportado numerosas actividades de electroquímica con dicha perspectiva (Arán-Ais & col., 2013; Atienza, 2017). En el planteamiento de la elaboración de situaciones cotidianas hay que tener en cuenta que la electroquímica, como en otras temáticas de la Química, presenta múltiples interacciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente, las cuales pueden servir para despertar el interés y motivación del alumnado, y sin el cual no es fácil su aprendizaje. Por dicha razón, la elaboración de actividades para la enseñanza-aprendizaje de la electroquímica debería basarse en el enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), el cual facilita la alfabetización científica y tecnológica, a través del estudio de las interrelaciones entre los desarrollos científico y tecnológico, y los procesos sociales y medio ambientales. Ésta ha sido la principal motivación para el planteamiento del presente trabajo fin de máster.

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo general**

El presente trabajo tiene como objetivo general el diseño de una unidad didáctica de electroquímica, para 2º de Bachillerato, con un enfoque didáctico para acercar la electroquímica al alumnado mediante el uso de actividades con situaciones cotidianas y enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA).

### **2.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el desarrollo de situaciones cotidianas en las clases de electroquímica.
- Investigar el diseño de actividades relacionadas con la vida cotidiana del alumnado en el campo de la electroquímica.
- Investigar las estrategias de enseñanza-aprendizaje usadas en el enfoque CTSA.
- Diseñar una unidad didáctica para trabajar la electroquímica, en 2º curso de Bachillerato, incorporando actividades con situaciones cotidianas y enfoque CTSA.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Definición de Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) en el ámbito educativo**

La educación basada en la relación CTSA tiene un enfoque innovador de la enseñanza de las ciencias que trata de generar una alfabetización científica y tecnológica, a través del estudio de las interrelaciones entre los desarrollos científico y tecnológico y los procesos sociales y el medio ambiente. Se trata de un campo de estudio interdisciplinario que busca explorar y comprender las muchas formas en que la ciencia y la tecnología modernas dan forma a la cultura, los valores y las instituciones modernas, por un lado, y por otro, cómo los valores modernos dan forma a la Ciencia y la Tecnología. A partir de los años 70, las universidades de mayor prestigio de Estados Unidos y Europa, comenzaron a trabajar, en diferentes programas de educación, de manera simultánea la educación con enfoque CTSA. Ziman (1980), definió la educación CTSA como un tipo de enfoque curricular diseñado para hacer que los conceptos y procesos tradicionales que se encuentran en los programas típicos de ciencias y estudios sociales sean más apropiados y relevantes para la vida de los estudiantes. Para Wraga & Hlebowitsh (1991), se trata de un plan de estudios temático que aborda una amplia gama de problemas ambientales, industriales, políticos, sociales y tecnológicos. Según Heath (1992), se puede hacer referencia a la CTSA como un enfoque instructivo más amplio en el sentido del saber, saber hacer y saber ser, es decir, que incorpora el conocimiento, las habilidades, las actitudes y los valores apropiados de CTSA. Hofstein (1988) define la CTSA como el contenido de la enseñanza de la ciencia en el contexto auténtico de su entorno tecnológico y social, mientras que la *American National Science Teachers Association (NSTA)* considera a la CTSA como la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el contexto de la experiencia humana. También significa determinar y experimentar formas en que los conceptos y procesos de ciencia y tecnología básica se manejan en la sociedad. En otras palabras, significa comenzar partiendo de los problemas del mundo real, incluidos en las perspectivas de los estudiantes, en lugar de comenzar con los conceptos y procesos básicos (NSTA, 1990). Según Yager (1996), CTSA significa tratar con los estudiantes en sus propios entornos y con sus propios marcos de referencia. Por consiguiente, significa comenzar con los estudiantes y sus preguntas, usar todos los recursos disponibles para trabajar en la resolución de problemas y avanzar para tomar acciones reales individualmente y en grupos para resolver problemas reales.

### 3.2. El enfoque CTSA como cambio de paradigma en la educación de ciencias

A principios de la década de 1970, los expertos en educación observaron que la ciencia y la tecnología llevaron a muchos cambios sociales, económicos y ambientales pasivos. Por tanto, surgió la necesidad de diseñar programas de ciencia que relacionaran la ciencia, la tecnología y la sociedad para que los estudiantes tomaran conciencia de la importancia de los efectos de la ciencia y la tecnología en sus vidas (Agin, 1974). Ziman (1980) sugirió la enseñanza de la ciencia a los estudiantes de todos los grados de acuerdo con la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad. Más tarde, en la década de los 80, la NSTA consideró que la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad era la base de la educación científica, demostrando la importancia de la educación científica y tecnológica, y la enseñanza de la relación interactiva entre ciencia, tecnología y sociedad (NSTA, 1982). En las discusiones de Keil, en el Cuarto Simposio Internacional sobre Tendencias Mundiales en Educación en Ciencia y Tecnología de 1987, se concluyó que los programas basados en CTSA tenían un gran potencial para permitir a los estudiantes alcanzar el grupo de objetivos del Proyecto de Síntesis (*Project Synthesis*) (Hofestein, et al, 1988). En dicho proyecto de investigación integral realizado en los EE.UU. se consideró cuatro grupos de objetivos (Kahl & Harms, 1981):

- **Necesidades personales:** la educación científica debe preparar a las personas para utilizar la ciencia, mejorar sus propias vidas y hacer frente a un mundo cada vez más tecnológico.
- **Problemas sociales:** la educación científica debe producir ciudadanos informados, preparados para asumir la responsabilidad de los problemas sociales relacionados con la ciencia.
- **Conciencia de carrera:** la educación en ciencias debe dar a todos los estudiantes una conciencia de la naturaleza y el alcance de una amplia variedad de carreras relacionadas con la ciencia abiertas a estudiantes de diferentes aptitudes e intereses.
- **Preparación académica:** la educación en ciencias debe permitir que los estudiantes que probablemente estudien ciencias académicamente y profesionalmente, adquieran los conocimientos académicos adecuados a sus necesidades.

Más tarde, Solomon (1993) dio otro impulso hacia un nuevo tipo de educación científica de la población, con el objetivo de lograr su alfabetización

científica, la cual surgió indirectamente de un informe influyente de un grupo de los mejores intelectuales, economistas y empresarios del mundo en el Club de Roma. Dicho informe citó un debate que incluyó elementos como el crecimiento exponencial en el uso de combustibles y la naturaleza finita de la reserva de combustibles fósiles, la explosión de la población mundial y la limitada producción de alimentos.

### **3.3. Objetivos de la educación en ciencias con un enfoque CTSA**

Un objetivo importante de la educación es, o debería ser, mejorar la calidad de la existencia humana. Una parte esencial de este objetivo es la promoción de formas racionales en que los ciudadanos puedan influir en la conducta y la dirección de los asuntos humanos y así puedan vivir en una sociedad democrática (Longbottom & Butler, 1999; Price & Cross, 1999; y Kolstoe, 2001). En este sentido, dichos autores sostienen que la principal justificación para la enseñanza de la ciencia a todos los niños es que debe hacer una contribución significativa al avance de una sociedad verdaderamente democrática. La educación científica proporciona ciudadanos creativos, críticos, analíticos y racionales. Dicha educación debería diseñarse para la población en general y no para un grupo especializado de futuros científicos, y debería ofrecer y potenciar a los ciudadanos más habilidades para decidir y controlar sus decisiones.

El Comité asesor de educación científica de la *National Science Foundation (NSF)* recomendó que el enfoque tradicional de la educación científica en la ciencia se replantee con mayor énfasis en la comprensión de la ciencia y la tecnología por parte de quienes no lo son y no esperan ser científicos y tecnólogos profesionales (Hurd, 1998). La implicación se encuentra en que las nociones de alfabetización científica deben integrarse en contextos que promuevan un ciudadano socialmente responsable y competente (Hurd, 1998). Para Jenkins (1999), los ciudadanos deben ser científicamente alfabetizados para poder contribuir a la toma de decisiones sobre temas que tienen una dimensión científica, sean personales, por ejemplo, relacionados con los medicamentos o la dieta, o bien políticos, por ejemplo, en relación con la energía nuclear, la disminución de la capa de ozono o las tecnologías de ADN. Por tanto, la ciencia para la ciudadanía ha sido un objetivo educativo importante para muchos expertos, tales como Hurd (1998), Duggan & Gott (2002), Jenkins (1999), Kolstoe (2001) y Longbottom & Butler (1999), convirtiéndose en un reto para la educación científica escolar. Como futuros ciudadanos, los estudiantes tienen la enorme responsabilidad de tomar decisiones que requieren una

comprensión de la interacción de la ciencia y la tecnología y su interrelación con la sociedad. El movimiento hacia el enfoque CTSA ha sido fuertemente identificado con el logro de este objetivo, pero a pesar de sus beneficios, poner la teoría en práctica hasta ahora ha sido difícil (Mansour, 2007).

En respuesta a las necesidades más apremiantes de las sociedades modernas, se ha argumentado que la educación científica debe prestar más atención a la interrelación de ciencia, tecnología y sociedad (Eijkelhof & Lijnse, 1988). En todos los programas de ciencias que se han considerado ejemplares en la búsqueda de programas de excelencia de la *NSTA*, los docentes de ciencias hicieron un gran esfuerzo para ayudar a los estudiantes a convertirse en ciudadanos con conocimientos científicos. Uno de estos programas aceptados por la *NSTA* fue el Proyecto de Síntesis (Ost & Yager, 1993). Los académicos han argumentado que la inclusión de temas socio-científicos a través del movimiento de CTSA en el currículo de ciencias ayudará en el desarrollo del ciudadano científicamente culto (Bybee, 1987; Dimopoulos & Koulaidis, 2003; Hart & Robottom, 1990; Kolstoe, 2001; Ramsey, 1993; Wiesenmayer & Rubba, 1999; Yager, 1993). Además, la *NSTA* se refiere a la resolución de los problemas con un enfoque CTSA, como la mejor manera de preparar a los jóvenes para la ciudadanía.

En conclusión, el objetivo principal de una educación con enfoque CTSA consiste en contextualizar la ciencia y la tecnología actual para proporcionar a los estudiantes las bases intelectuales para una ciudadanía responsable (Waks, 1987; Ramsey & Hungerford, 1989; Wiesenmayer & Rubba, 1999; Kolstoe, 2001). El énfasis en las interacciones entre ciencia y sociedad ha implicado un enfoque en temas sociales y medio ambientales relacionados con la ciencia. Está claro que la comunidad de educación científica valora positivamente la inclusión de dicho enfoque en los programas de educación científica. Sin embargo, el éxito de su inclusión depende de las creencias de los profesores de ciencias con respecto a los temas de CTSA, lo cual se tratará en un apartado específico del marco teórico.

### **3.4. Contenidos de los cursos y proyectos con enfoque CTSA**

Una forma tradicional de clasificar los contenidos de los cursos y proyectos ha sido según el protagonismo adquirido para cada una de las dimensiones CTS. Dicha clasificación es previa a la inserción de la dimensión del medio ambiente en la relación CTS, para así generar la CTSA actual. Por tanto, se pueden distinguir tres grandes grupos (Fensham, 1988):

- **Condicionados por la ciencia:** los contenidos y conocimientos científicos determinan el tronco central del enfoque CTS, y sirven de punto de partida para relacionarlos con cuestiones de los ámbitos tecnológico y social.
- **Condicionados por la tecnología:** los contenidos de tecnología son la guía central del CTS, los cuales se relacionan con aquellos conocimientos de ciencia y cuestiones sociales que adquieren espacial relevancia con la tecnología.
- **Condicionados por la sociedad:** los contenidos de la dimensión de la sociedad determinan la relación con la ciencia y tecnología. La finalidad es dar una formación complementaria a la ciencia y tecnología.

Más recientemente, los contenidos de los cursos y proyectos se clasifican según la relación que adquieren las dimensiones CTS. Así, se pueden diferenciar las siguientes categorías (Acevedo & Acevedo, 2002):

- **Naturaleza de la ciencia y la tecnología:** Prevalecen las interrelaciones entre ciencia y tecnología, centrando así la dimensión social en aquellas cuestiones sociales, filosóficas,... del ámbito de los científicos y tecnólogos. Algunos de los proyectos, en el ámbito internacional, que incorporan esta categoría son el *PLON (Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde, en inglés: Physics Curriculum Development Project)* y el *SISCON in the Schools (Science in a Social Context)*, (Acevedo & Acevedo, 2002).
- **Cuestiones sociales de la ciencia y la tecnología:** Prioriza la dimensión social. Así, presenta como influye la sociedad en la ciencia y la tecnología en términos de cultura, política, religión,.. También muestra el efecto de la ciencia y la tecnología en la sociedad en cuestiones como los problemas que origina y resuelve, valores sociales, éticos,... Un proyecto que trata exclusivamente esta categoría es el *NMEVEO (Environmental Education in Secondary Schools)*, (Acevedo & Acevedo, 2002).
- **Procesos y productos tecnológicos:** Se centra en las aplicaciones de la ciencia, desarrollo de procesos y dispositivos tecnológicos, así como a su diseño y producción. Algunos de los proyectos que tocan simultáneamente esta categoría y la anterior de cuestiones sociales de la ciencia y la tecnología son: *PLON, SATIS (Science and Technology in Society), SAE (Science Across Europe), SAW (Science Across World), IST (Innovations: The social consequence of Science and Technology), y SALTERS (Science. The Salters Approach)*, (Acevedo & Acevedo, 2002).

### 3.5. Formas de estructurar e incorporar el proyecto CTSA en el aula

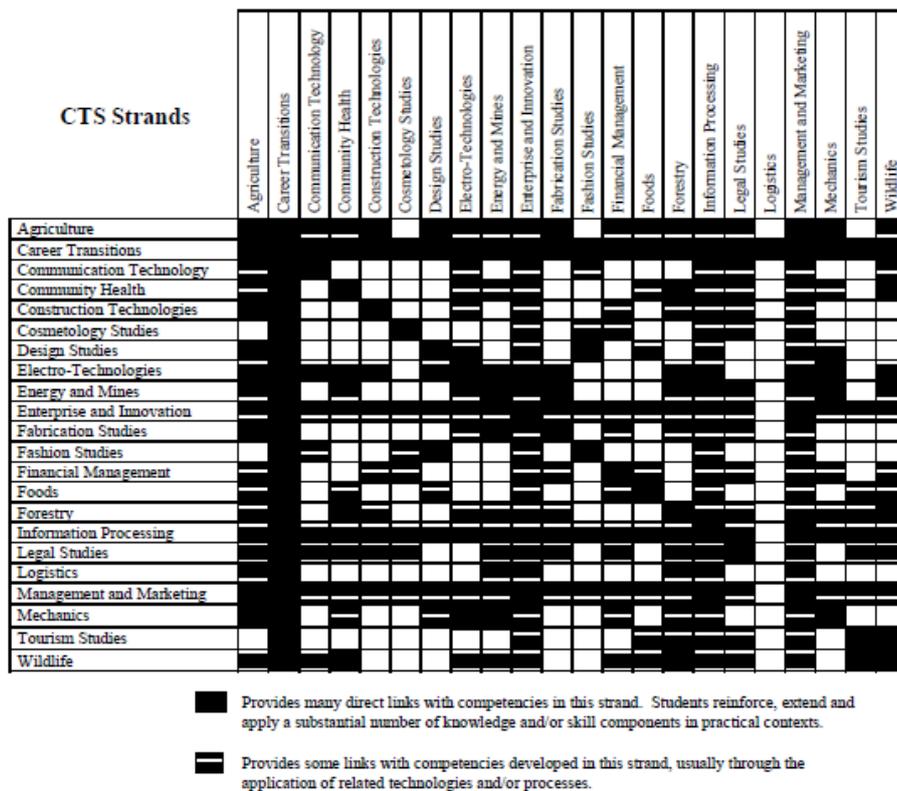
Las formas de estructurar e integrar el proyecto CTSA en el aula son muy diversas, debido a su naturaleza compleja y el carácter transversal. Sin embargo, una forma de ordenar y clasificar la integración del enfoque CTSA en el aula es atendiendo a la relevancia que adquiere la integración CTSA en el curso (Aikenhead, 1994). Así, se pueden distinguir tres tipos de cursos o proyectos:

- **Incorporación puntual de temas CTSA:** Se integra en un curso de ciencias y/o tecnología, sin alterar el programa tradicional. En este caso, se usa con la finalidad de motivar a los alumnos, complementar las materias de los cursos tradicionales e introducir actividades CTSA en los mismos.
- **Incorporación organizada y secuenciada del enfoque CTSA en un curso:** Se enseña la ciencia y tecnología en un curso a través del enfoque CTSA. Según Acevedo & Acevedo (2002), un ejemplo de este tipo de integración relevante es el proyecto disciplinar de física *PLON* implementado en Holanda, en el cual la enseñanza de Física se organiza y secuencia mediante el enfoque CTSA. También destaca el proyecto multidisciplinar de educación medioambiental *NMVEO (Environmental Education in Secondary Schools)*. Se inspira en el proyecto *PLON*, pero desde una perspectiva multidisciplinar, analizando los problemas medioambientales y sus soluciones.
- **Incorporación del CTSA puro:** Se enseña CTSA con una relevante dimensión social y filosófica, y la ciencia y tecnología juegan un papel más secundario. Según Acevedo & Acevedo (2002), un destacado proyecto es el *SISCON in Schools*, el cual se ha implementado en la enseñanza secundaria superior del Reino Unido.

De acuerdo con Acevedo & Acevedo (2002), el uso de un tipo de proyecto (o curso) u otro dependerá en gran medida de las finalidades educativas definidas en el proyecto curricular, puesto que no es lo mismo abordar una asignatura de ciencia, tecnología y sociedad, que pretender impregnar el enfoque CTSA en una asignatura como física y química.

### 3.6. Conexiones dentro del proyecto CTSA

Desde el punto de vista de contenido CTSA para que el proceso de enseñanza-aprendizaje resulte un éxito, la clave está en proporcionar un temario con buenas interacciones CTSA para una materia concreta. Tradicionalmente, los profesores han construido dichas conexiones, mediante su experiencia e inspiración individual y/o colectiva y, posteriormente, las han compartido entre los mismos y mejorado mediante iteración. Sin embargo, algunos expertos en la educación con enfoque CTSA han reportado metodologías acompañadas de una serie de pautas, en las que se describe y recomienda los pasos que facilitan que las conexiones surgidas sean útiles, para así lograr un buen y rico enfoque CTSA. Por ejemplo, en las guías *Guide to Career & Technology Studies (1998)* y *Guide to Career & Technology Studies (2013)*, se reporta una metodología para crear conexiones CTSA, en la cual cada posible temática específica de CTSA brinda oportunidades para que los estudiantes desarrollen competencias que se vinculan con, o mejoran, lo que aprenden en otras temáticas específicas.



**Figura 1.** Oportunidades para generar conexiones entre temas con enfoque CTSA. Fuente *Guide to Career & Technology Studies (1998)*.

Tal como se muestra en la **Figura 1**, se sugieren las siguientes estrategias para mejorar las conexiones CTSA:

- **Grupos de conexiones:** Los profesores pueden desear familiarizarse con los cursos a través de varios grupos conectados de CTSA. Por ejemplo, educación empresarial, economía doméstica, educación industrial, y recursos naturales. El curso posterior puede implicar la combinación de cursos de dos o más capítulos y/o trabajando con otros profesores para compartir la entrega de los cursos.
- **Procesos de conexiones:** La familiaridad con el alcance y la intención de las líneas del proceso (por ejemplo, Empresa e Innovación, Estudios de Diseño, Procesamiento de la Información, Gestión y Marketing) también puede mejorar las conexiones. Los cursos se combinan con otras líneas que están más especializadas en el contexto de los alumnos.
- **Prácticas de evaluación:** Se han implementado varias herramientas de evaluación genéricas y específicas, desarrolladas para ayudar a los profesores a evaluar los resultados de aprendizaje dentro de cada conexión CTSA. Las herramientas de evaluación establecen puntos de referencia para determinar el rendimiento del estudiante, y ayudar a evaluar el rendimiento de los estudiantes de manera justa y equitativa.
- **Integrando conceptos:** Se desarrollan y refuerzan varios conceptos integradores a través de las conexiones CTSA (**Figura 2**). Estos conceptos incluyen: carrera, tecnología, diseño, empresa, ambiente, familia, legislación, la seguridad, servicios,... Centrar la atención en estos conceptos según corresponda en la entrega del curso, aumenta la conciencia de su importancia en una variedad de situaciones personales y relacionadas con el trabajo.

Integrating Concept	Agriculture	Career Transitions	Communication Technology	Community Health	Construction Technologies	Cosmetology Studies	Design Studies	Electro-Technologies	Energy and Mines	Enterprise and Innovation	Fabrication Studies	Fashion Studies	Financial Management	Foods	Forestry	Information Processing	Legal Studies	Logistics	Management and Marketing	Mechanics	Tourism Studies	Wildlife	
Career	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Technology	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Design	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X		X			X	X	X		
Enterprise	X			X		X							X	X	X				X	X	X		
Environment				X			X	X		X			X				X				X	X	
Family						X						X	X	X		X							
Legislation	X			X				X	X				X	X	X		X	X	X	X	X		X
Safety							X			X		X				X	X	X	X		X	X	
Service	X					X		X						X			X		X	X	X	X	

■—primary development      X—application and reinforcement

**Figura 2.** Integrando conceptos en el enfoque CTSA. Fuente Guide to Career & Technology Studies (1998).

A continuación, se describe la aportación de cada uno de los conceptos integradores mencionados anteriormente:

- **Carrera:** Proporciona oportunidades para que los estudiantes identifiquen y evalúen una amplia gama de opciones de carreras, en su vida personal y laboral.
- **Tecnología:** Se enfoca en el uso de todos los niveles de tecnología, desde simples herramientas manuales hasta tecnologías informáticas sofisticadas, y de telecomunicaciones.
- **Diseño:** Presenta el concepto de diseño como una estrategia genérica que se puede utilizar en todas relaciones CTSA para resolver problemas; cuya resolución puede ser en dos o tres dimensiones, e implican planos, sistemas, materiales,...
- **Empresa:** Desarrolla la capacidad de los estudiantes para identificar y responder a los desafíos y oportunidades de manera creativa, y para responder al cambio de manera eficiente y eficaz.
- **Medio ambiente:** Aborda una variedad de temas ambientales relevantes, enfoca la atención en el fortalecimiento del ciudadano/trabajador.
- **Familia:** Aplica conceptos relacionados en contextos vinculados con el rol del individuo en la familia y la naturaleza cambiante de la familia como sistema de apoyo y unidad económica.
- **Legislación:** Desarrolla la comprensión de los procesos utilizados para establecer y cambiar leyes o estatutos específicos, y a la referencia general de reglamentos, políticas y normas que implican a la legislación.
- **Seguridad:** Establece expectativas sobre el comportamiento seguro y responsable en situaciones cotidianas que involucran el uso de herramientas, equipos, materiales e instalaciones.
- **Servicios:** Centra la atención en las estrategias para identificar y responder a las necesidades del cliente de manera proactiva. Aborda las opciones de carrera dentro del sector servicios.

### **3.7. Conexiones CTSA a través del currículum**

Los cursos CTSA proporcionan contextos específicos de carrera a través de los cuales los estudiantes pueden reforzar, ampliar y aplicar los conocimientos y las habilidades desarrollados en otros programas de educación más básicos. La planificación del curso puede implicar la ayuda a los estudiantes a hacer conexiones

entre conceptos abstractos desarrollados en otras disciplinas y su aplicación en la práctica (**Figura 3**).

CTS Strands	Junior High							Senior High											
	Language Arts	Social Studies	Mathematics	Science	Health & PLS	Physical Education	Fine Arts	English	Social Studies	Mathematics	Science (General)	Biology	Chemistry	Physics	CALM	Physical Education	Fine Arts	Social Sciences	Second Languages
Agriculture																			
Career Transitions																			
Communication Technology																			
Community Health																			
Construction Technologies																			
Cosmetology Studies																			
Design Studies																			
Electro-Technologies																			
Energy and Mines																			
Enterprise and Innovation																			
Fabrication Studies																			
Fashion Studies																			
Financial Management																			
Foods																			
Forestry																			
Information Processing																			
Legal Studies																			
Logistics																			
Management and Marketing																			
Mechanics																			
Tourism Studies																			
Wildlife																			

Provides many direct links with course content; students reinforce, extend and apply a substantial number of knowledge/skill components in practical contexts.

Provides some links with course content, usually through the application of related technologies and/or processes.

**Figura 3.** Oportunidades para realizar conexiones a través del currículum. Fuente: Guide to Career & Technology Studies (1998).

Así, se sugieren las siguientes estrategias para mejorar las conexiones en el aprendizaje a través del currículum:

- **Mapas conceptuales:** La ciencia y las matemáticas son dos áreas centrales del programa, en las cuales a menudo se requiere la comprensión de los conceptos y habilidades centrales antes de su aplicación en contextos prácticos de CTSA. Así se facilita a los profesores familiarizarse con los contenidos y procesos desarrollados en otras áreas centrales y opcionales del programa para mantener consistencia en las expectativas y demandas puestas en los estudiantes, identificar aprendizajes previos, pre-requisitos y requisitos básicos necesarios para el éxito en los cursos de CTSA, y evitar la superposición o repetición entre CTSA y otros cursos básicos/opcionales.
- **Proceso de aplicación:** Los estudiantes educados con un enfoque CTSA deben usar muchas de las habilidades de proceso desarrollado en cursos básicos. Así, los marcos de desarrollo se proporcionan para la investigación de laboratorio, investigación, informes/presentaciones, análisis de

problemas, y debate. Cada marco es consistente con el uso de procesos relacionados en otras disciplinas: ciencia, artes del lenguaje, estudios sociales, y pueden utilizarse para guiar a los estudiantes en su aplicación de proceso en entornos específicos de carrera.

- **La integración vertical:** Implica la secuencia de la formación a través de áreas temáticas para que los conceptos y habilidades particulares se desarrollen antes de su aplicación, en ajustes prácticos de CTSA. Se recomienda a los profesores utilizar referencias apropiadas para identificar conceptos/habilidades relevantes desarrolladas en las disciplinas centrales, por ejemplo, matemáticas, ciencias y la posible necesidad de revisar estos conceptos/habilidades antes de su uso en cursos de CTSA. También, se recomienda identificar los conocimientos previos necesarios en los cursos de CTSA.
- **Combinando cursos CTSA y no CTSA:** La estructura de un curso CTSA permite flexibilidad en la combinación cursos CTSA con cursos básicos y opcionales no CTSA. Tales estrategias son efectivas para ayudar a los estudiantes a hacer conexiones a través del plan de estudios. En el siguiente apartado, se desarrollará las formas de estructurar la educación CTSA en el aula.

En los cursos combinados, se deben cumplir con todos los requisitos y garantizar que:

- Se proporciona una descripción del curso combinado a estudiantes y padres. Los estudiantes tienen la opción de tomar el curso con o sin CTSA.
- Combinan ambientes de aprendizaje apropiados, incluyendo instalaciones y equipo, los recursos de aprendizaje y la experiencia de formación están disponibles para favorecer la entrega del curso combinado.
- Los estudiantes tienen acceso a un mínimo de horas de formación por crédito a nivel de educación secundaria, con excepciones.
- Los estudiantes saben exactamente cuándo y dónde pueden acceder regularmente a la formación que necesitan.
- La integridad y la intención del currículo y la evaluación estándar está definida para cada curso de CTSA.
- La formación aborda los criterios de evaluación establecidos tanto para el curso CTSA como para el curso no CTSA, y que cada uno es evaluado y calificado por separado.

### 3.8. Fases para la implementación del enfoque CTSA en el curso

Aunque no hay un amplio consenso en las fases a seguir en la enseñanza con enfoque CTSA, algunos expertos han reportado algunas de sus experiencias implementadas en sus cursos. Por ejemplo, Das (2005) propuso dividirlo en las siguientes fases:

- **Invitación:** En esta fase, se realiza una lluvia de ideas, se buscan cuestiones, preguntas o problemas seleccionados, los cuales están basados en situaciones de la vida cotidiana, que forman la base para el resto de las exploraciones. El tema debe ser personal, local o social, relevante y ser capaz de despertar el interés y la curiosidad de los estudiantes.
- **Exploración:** Los profesores de ciencias investigan sus temas en términos de dos componentes: identificación de preguntas críticas que deben abordarse para explorar el tema a nivel de escuela secundaria; y recopilación y análisis de la información científica y/o datos necesarios para abordar sus preguntas críticas. La fase de exploración proporciona la base para formular hipótesis, diseñar explicaciones y proponer soluciones en la siguiente fase.
- **Propuesta de argumentos y soluciones:** Durante la tercera fase, los docentes de ciencias en el ámbito de la práctica sintetizan información para formular hipótesis, explicaciones de diseño y proponer soluciones. Esta fase involucra la comunicación de información e ideas a los compañeros y a la comunidad externa de expertos con los que se comunicaron durante la fase de exploración. Finalmente, las hipótesis y soluciones son elaboradas en una presentación con formato digital.
- **Tomando acción:** La síntesis alcanzada en la fase de argumentos y soluciones propuestas llevan a los estudiantes a tomar posiciones específicas y a sugerir acciones apropiadas. En esencia, esta es la aplicación de su aprendizaje, ya que presentan sus propuestas de acción a sus iguales en clase.

Durante cada una de las cuatro fases, se discuten y analizan los problemas de instrucción, tales como la evaluación del aprendizaje de los estudiantes, la administración de los grupos de aprendizaje cooperativo y el uso efectivo de TICs. Durante el semestre, los estudiantes pueden confeccionar un diario para registrar sus actividades de aprendizaje y escribir los análisis reflexivos de su propio aprendizaje. En base a sus exploraciones, los profesores de ciencias de la vida crean un módulo de formación CTSA para la enseñanza de ciencias en secundaria.

### **3.9. Dificultades de la educación CTSA asociadas al rol del profesor**

Para implementar la educación científica con enfoque CTSA, se debe considerar la capacitación y la preparación psicológica de la fuerza docente (Jegede, 1988). Después de varias décadas de intento de su implementación, Rubba (1991) demostró que la CTSA no alcanzó el nivel de implementación recomendable, ya que la mayoría de los profesores de ciencias no estaban preparados para enseñar con dicho enfoque. Por tanto, antes de que las prácticas de enseñanza con enfoque CTSA puedan ponerse en práctica de manera adecuada, las creencias y valores de los docentes sobre la educación de ciencias deben reestructurarse de tal manera que puedan apreciar plenamente la noción de acción ciudadana responsable en cuestiones de CTSA como un objetivo de la educación escolar de ciencias.

De acuerdo con Aikenhead (1984), otra barrera para implementar CTSA en el aula es el proceso de socialización que atraviesan los profesores de ciencias durante su preparación en la universidad. Al estudiar ciencias en la universidad, los profesores experimentan un proceso de socialización en una disciplina determinada (Barnes, 1985; Ziman, 1994; Aikenhead, 1984; Fensham, 1988; Aikenhead, 2000). Por tanto, para implementar un curso de ciencia CTSA con éxito, desde el punto de vista de un docente, la mejor manera es iniciar a los estudiantes en una disciplina de la misma manera que se inició el profesor. Aikenhead (1984) sugirió tres requisitos para que el profesor pueda reflejar un enfoque CTSA en la enseñanza de la ciencia: una alteración en los valores de los maestros con respecto al contenido científico válido; una evaluación de la función de socialización de sus nuevos cursos; y una reformulación del sistema de toma de decisiones holístico-prácticas que actualmente apoya y los sostiene en el día a día.

La enseñanza con enfoque CTSA requiere nuevos modelos para la formación docente antes y durante su aplicación. La *Association for Science Education (ASE)*, en su declaración de política "Educación a través de la ciencia" (1981), argumentó que, al planificar y desarrollar el plan de estudios, los profesores deben mostrar que la ciencia puede explorarse desde el punto de vista de sus aplicaciones, lo que lleva al desarrollo de una apreciación y comprensión de las formas en que la ciencia y la tecnología contribuyen al mundo del trabajo, la ciudadanía, el ocio y la supervivencia.

El éxito de la reforma de la educación científica depende de la capacidad de los docentes para integrar la filosofía y las prácticas de los programas actuales de reforma de la educación científica con su filosofía existente (Bybee, 1993; Fang,

1996; Pajares, 1992; Carroll, 1999). Por tanto, al considerar el enfoque de CTSA para la educación científica, las creencias de los docentes sobre la implementación de CTSA requieren una especial atención. Sin esta atención, las creencias negativas con respecto a la implementación de CTSA y el aprendizaje de la investigación podrían derrotar a los movimientos de reforma que enfatizan el enfoque CTSA como solución a los problemas de aprendizaje de las ciencias. Carroll (1999) sostiene que los profesores deben participar en el desarrollo real del plan de estudios de CTSA para que puedan desarrollar su conocimiento sobre los temas de enseñanza y aprendizaje de CTSA, y cambiar sus creencias a lo largo de su carrera. A este respecto, Thirumarayana (1998) sugiere que antes de que se pueda implementar la formación CTSA, los docentes deben desarrollar sus intereses y usar ese conocimiento para desarrollar la comprensión conceptual. Como Munby (1984) ha argumentado de manera clara y articulada, las creencias y los principios de los maestros son contextualmente importantes para la implementación de innovaciones. La investigación respalda la idea de que los maestros son agentes cruciales de cambio para la reforma educativa y que las creencias de los maestros son precursoras del cambio (Pajares, 1992).

En conclusión, la implementación de CTSA en el currículo de ciencias se basa en la contribución de los docentes y sus convicciones o creencias acerca de tales innovaciones. Noss y Hoyles (1996), por ejemplo, argumentan que la implementación de cualquier innovación que deje de tener en cuenta a los docentes y su situación laboral como mediadores de la innovación, está destinada a fracasar. Por consiguiente, es esencial tener en cuenta las creencias y prácticas de los profesores de ciencias y también los factores que influyen en sus creencias y prácticas para que puedan ser tratados (Mansour, 2007a). Así, para comprender realmente las creencias y prácticas de los maestros, el próximo apartado tratará de aclarar los diferentes puntos de vista sobre la naturaleza de las creencias de los maestros, las creencias de los mismos sobre la enseñanza y el aprendizaje, la relación entre las creencias y la práctica.

### **3.10. Creencias de los docentes sobre la enseñanza-aprendizaje a través de CTSA**

Los investigadores a menudo clasifican las creencias de los docentes como conductistas (o de transmisión) o constructivistas. Sin embargo, debe señalarse que a pesar de que tal dicotomía es útil en términos de poder categorizar claramente las creencias, puede ser simplista y engañosa (Ernest, 1994; Calderhead, 1996; Bell &

Gilbert, 1996). Dichos autores delinear dos posiciones extremas sobre la naturaleza de la enseñanza que puede tener lugar en un aula determinada. La primera afirma que la creencia predominante es el papel de un maestro como experto en este conocimiento, el cual debe presentar dicho conocimiento directamente a los estudiantes en una secuencia lógica. La segunda posición se basa en la creencia de que el conocimiento es construido por individuos, y que el rol del maestro es el de un facilitador que permita a los estudiantes reconstruir, extender o reemplazar su conocimiento existente. Las creencias de los profesores sobre la enseñanza de la ciencia pueden ser, por tanto, extremadamente variadas. Tsai (2002) y Mansour (2007a) sostienen que las creencias de muchos maestros, que tienen puntos de vista tradicionales de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, pueden derivar del problema de su propia experiencia escolar en ciencias. Según Barnes (1973), Scott (1987), Trumbull & Slack (1991) y Bell & Gilbert (1996), un profesor que sigue un modo de transmisión cree que el conocimiento existe en forma de disciplinas públicas que incluyen contenido y criterios de desempeño. Además, considera que la tarea del profesor es la evaluación y corrección del desempeño del alumno, de acuerdo con los criterios de los que es tutor. Y finalmente, ve al alumno como una persona no informada para quien el acceso al conocimiento es difícil, ya que debe calificar a sí mismo a través de pruebas de desempeño adecuado.

En contraste con la visión conductista, la visión constructivista sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia a través de CTSA contempla la participación activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento y no la simple reconstrucción personal de los conocimientos previamente elaborados y proporcionados por el profesor o por el libro de texto (Hodson, 1992; Gil-Pérez et al., 2002). El aprendizaje se ve como la construcción activa del conocimiento en la expansión gradual de las redes de ideas a través de la interacción con otros y los materiales en el medio ambiente (Marshall, 1992; Roth, 1994; Newbrough, 1995). Las implicaciones de los puntos de vista constructivistas para el aula de ciencias incluyen el amplio uso de actividades prácticas en el laboratorio de investigación, un entorno de aula que proporciona a los alumnos un alto grado de participación cognitiva activa, el uso de estrategias de aprendizaje cooperativo y la inclusión de elementos de prueba para activar un nivel superior de procesos cognitivos. Además, los profesores pueden facilitar al alumno la construcción de su propio conocimiento, quienes proporcionan experiencias estimulantes y motivadoras que desafían las concepciones existentes de los alumnos y los involucran activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Matthews, 1997; Matthews, 2002; Gil-Pérez et al. al., 2002). Como lo menciona Watts (1994), la ciencia debe ser relevante para la vida

cotidiana de los estudiantes, ya que este contexto real proporciona las raíces a partir de las cuales deben extraerse sus estudios. Debe estar relacionado con sus aficiones y estilos de vida modernos, la actualidad y noticias de televisión, a las personas y prácticas en el mundo. Dicho movimiento no es nuevo, ya que ayudó a dar forma a la ciencia escolar en el Reino Unido a lo largo de la década de 1980, por lo que proyectos como *SATIS* (Acevedo & Acevedo, 2002) fueron motivados por la necesidad de relacionar la aplicación de la ciencia a los problemas actuales de la sociedad. Los profesores constructivistas de ciencia promueven el aprendizaje en grupo, donde dos o tres estudiantes discuten los enfoques de un problema dado con poca o ninguna interferencia de los docentes. En contraste con los profesores tradicionales, los profesores constructivistas prefieren explorar cómo los estudiantes ven el problema, ya que sus caminos hacia las soluciones les parecen prometedores. Los docentes constructivistas también ayudan a los estudiantes a conectar sus propias experiencias previas a situaciones actuales (Yager, 1990).

En conclusión, las características que debería reunir un profesor en la implantación de la educación CTSA es de una personalidad proactiva, que tenga un interés de aprender para mejorar la materia que imparte, compartiendo este interés con sus compañeros y sus alumnos. Además, dichos docentes deben estar predispuestos a una alta flexibilidad con su propia programación para generar conexiones originales que sean de gran utilidad en el enfoque CTSA, lo cual obliga a tener una alta dedicación en la planificación de la enseñanza. Para ello, es necesario proporcionar un clima acogedor y estimulante en el aula, por tanto, deben poseer liderazgo para animar y potenciar las iniciativas de los alumnos. Finalmente, dichos profesores deben inducir a que surjan ideas de interés bien fundamentadas, potenciar la aplicación de los conocimientos en la vida cotidiana, haciendo que los alumnos vean la utilidad, así como las limitaciones, y la clase es el entorno, pero la educación no se ciñe a ella, sino que debe trascenderla.

### **3.11. Estrategias de enseñanza-aprendizaje con enfoque CTSA**

Con el objetivo de promover la motivación y evitar la monotonía del aula, la educación CTSA suele usar una amplia variedad de estrategias y técnicas de enseñanza, aunque ninguna sea exclusiva del enfoque CTSA (Autieri, Amirshokohi & Kazempour, 2016). En general, se utilizan actividades que suponen gran implicación personal para el alumnado, ya que son ellos y sus intereses el centro y no otros puntos de vista más academicistas. En la siguiente lista, se muestra un listado con algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje usadas en el enfoque CTSA

(Guide to Career & Technology Studies, 2013):

- **Breves estancias o períodos de formación** en empresas y centros de trabajo.
- **Elaboración de proyectos** en pequeños grupos y de forma cooperativa.
- **Implicación y actuación civil** activa en la comunidad.
- **Juegos de *role-playing*.**
- **Foros y debates.**
- **Trabajos prácticos** de campo.
- **Resolución de problemas** abiertos con toma de decisiones conjunta.
- **Talleres** impartidos por especialistas en el aula.
- **Visitas** a fábricas, centros de investigación, museos, exposiciones,...

Estas estrategias de enseñanza-aprendizaje son las que principalmente aparecen en los diferentes proyectos CTSA, tal como el proyecto Aprendizaje de los Productos Químicos, sus Usos y Aplicaciones (APQUA) (Medir, El Boudamoussi & Abelló, 2000). En dicho proyecto, se trabaja con experimentos de bajo coste junto con entrevistas, preguntas abiertas, informes de evaluación,..., para el debate y situaciones simuladas, como por ejemplo, una asamblea pública para la evaluación de métodos de limpieza para el ahorro de agua.

### **3.12. Aprendizaje cooperativo en la educación con enfoque CTSA**

La capacidad de trabajar como parte de un equipo es esencial en el entorno laboral y, por tanto, la educación debe fomentar el trabajo en equipo, usando así el aprendizaje cooperativo. La transición hacia una sociedad basada en la tecnología y la información requiere que los trabajadores compartan su experiencia y trabajen en equipo. Además, se puede esperar que esta tendencia sea aún más pronunciada en el futuro. El aprendizaje cooperativo también promueve el aprendizaje activo y puede ayudar a los estudiantes a desarrollar hábitos de aprendizaje cada vez más independientes y responsables, y a ser autodisciplinados. El enfoque CTSA ofrece muchas oportunidades para que los estudiantes trabajen en entornos de equipo, formal e informalmente. El papel del profesor en el aprendizaje cooperativo implica:

- **Actuar y liderar** como un entrenador y monitor de recursos.
- **Comunicación** de objetivos y tareas asignadas.
- **Determinación de los grupos**, el tamaño y composición.
- **Evaluar el producto** del grupo y el desempeño de cada miembro del grupo.

- **Informar al grupo** de las expectativas de comportamiento.
- **Informar a los líderes** de los equipos y a los miembros de sus roles, y aclarar las tareas de aprendizaje con todos los miembros del grupo.
- **Organizar** instalaciones, equipos y materiales apropiados.

El trabajo en grupo es interesante, ya que los estudiantes a menudo están motivados a través de su participación con otros miembros de un equipo, y pueden desarrollar un mayor compromiso con su aprendizaje. El trabajo en equipo efectivo requiere el establecimiento del aprendizaje de los grupos, cuyo tamaño y naturaleza son apropiados a la naturaleza de la tarea de aprendizaje. Así, se pueden distinguir diferentes tipos de grupos dependiendo de su función:

- **De discusión**, animan a los estudiantes a involucrarse con sus compañeros.
- **De lluvia de ideas**, facilitan el pensamiento creativo y la resolución de problemas.
- **De comisiones** (*buzz groups*), involucran pequeños grupos surgidos de la división de estudiantes de un aula que, por un período de tiempo corto, buscan la solución a un problema o cuestión.
- **De laboratorio**, se pueden establecer para completar un proyecto.
- **De tutoría**, se pueden establecer para ayudar a los estudiantes que necesitan ayuda adicional, refuerzo o ampliación.
- **De juego de roles** (*role-playing*), ayudan a los estudiantes a comprender las perspectivas y los sentimientos de los demás con respecto a un tema controvertido.

## 4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

### 4.1. Introducción

La unidad didáctica de la presente propuesta de intervención, que lleva por título “Reacciones de Oxidación-Reducción”, corresponde a una parte del Bloque 3 (de Reacciones Químicas) de la programación didáctica de Química de 2º de Bachillerato, según se establece en el *Decreto 142/2008, de 15 de julio*, el cual está vigente actualmente para el currículo de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Catalunya.

Se trata de una propuesta de intervención que tiene como principal objetivo el diseño de una unidad didáctica sobre las reacciones de oxidación-reducción, para 2º de Bachillerato, en la cual se pretende acercar la Electroquímica al alumnado, mediante actividades basadas en las situaciones cotidianas y el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA). Estas actividades intentan facilitar el aprendizaje significativo y el desarrollo de las competencias básicas y específicas del alumnado en el contexto de la Electroquímica. Para lograr estos objetivos, en el proceso enseñanza-aprendizaje se usará una combinación de metodologías activas con una especial relevancia del aprendizaje cooperativo. La unidad didáctica contiene diferentes apartados, en los cuales se describe el contexto de aplicación de la propuesta, la información relativa de la unidad didáctica, tales como los objetivos, competencias, los contenidos, las actividades y su temporalización, los recursos, y la evaluación. En su elaboración, se ha intentado tener en cuenta los objetivos que se propone alcanzar y que éstos marquen el grado de complejidad que se pide y la forma o tipo como este conocimiento se debe mostrar, de manera que las actividades, los recursos y la evaluación sean coherentes con la metodología de trabajo en el aula. También se ha pretendido diversificar los instrumentos de evaluación con el fin de interpretar y valorar la consecución de los objetivos desde diferentes puntos de vista y contextos.

En cuanto al punto de partida de la presente unidad didáctica, comentar que para el logro de los objetivos de la misma es importante resaltar que es necesario que los alumnos conozcan algunos conceptos de las unidades anteriores, tales como la termodinámica, determinen si un proceso es espontáneo o no atendiendo a la energía libre de Gibbs, el criterio de espontaneidad y la ley general de los gases ideales. También sería conveniente que conocieran algunos conceptos elementales de electricidad como la intensidad de corriente, la fuerza electromotriz y la ley de Ohm.

## **4.2. Contexto y destinatarios**

La presente propuesta de intervención, se pretende llevar a cabo en un centro educativo de titularidad pública que imparte estudios de ESO y bachillerato, el cual está situado en el barrio de Poblenou (Barcelona). La buena situación y comunicación de transporte, la amplia oferta de las enseñanzas impartidas, hace que la procedencia del alumnado se extienda a una amplia área geográfica, y mayoritariamente tenga un nivel socioeconómico medio. Actualmente, el centro educativo cuenta con cuatro líneas por curso en Secundaria y tres líneas en Bachillerato. La presente propuesta de intervención va destinada al nivel educativo de 2º de Bachillerato, con 24 alumnos por grupo, poseen un nivel de aprendizaje medio, y no hay alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo.

A nivel de legislación educativa, el departamento de Ciencias del centro se rige por lo establecido en el *Decreto 142/2008*, de 15 de julio, el cual está vigente actualmente para el currículo de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cataluña. Éste se fundamenta en la *Ley orgánica 2/2006*, de 3 de mayo, de *Educación (LOE)*, la cual está desarrollada en el *Real Decreto 1467/2007*, de 2 de noviembre, que establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

## **4.3. Objetivos curriculares**

El bachillerato persigue alcanzar una serie de objetivos de etapa según el *Real Decreto 1467/2007*, y el *Decreto 142/2008*, que establecen el currículo básico del Bachillerato. En la presente unidad didáctica, se trabajarán los siguientes objetivos de etapa: (1) Consolidar una madurez personal y social que permita al alumnado actuar de una manera responsable, autónoma y desarrollar su espíritu crítico. (2) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como aprendizaje eficaz y como medio de desarrollo personal. (3) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua catalana y la lengua castellana. (4) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación. (5) Participar de manera solidaria en el desarrollo y la mejora de su entorno social. (6) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales. (7) Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente. (8) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en sí mismo y sentido crítico.

Por otro lado, la materia de química del bachillerato presenta una serie de objetivos para el desarrollo de diferentes capacidades de acuerdo con el *Real Decreto 1467/2007*, y el *Decreto 142/2008*, que establece el currículo básico del Bachillerato. En la presente unidad didáctica, se trabajarán los siguientes objetivos de la materia química: (1) Comprender algunos de los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes de la química. (2) Comprender la importancia de la química para abordar numerosas situaciones cotidianas, y para aportar soluciones a problemas como la obtención de materiales y de energía con el mínimo impacto en el medio ambiente. (3) Utilizar, con autonomía creciente, estrategias investigativas propias de las ciencias. (4) Reconocer el carácter tentativo y creativo del trabajo científico. (5) Familiarizarse con la terminología fisicoquímica actual para poder utilizarla de manera habitual al expresarse y comunicarse en el ámbito científico. (6) Familiarizarse con el uso del instrumental básico de química y las normas de seguridad para el uso los productos químicos, el manejo del material y de las instalaciones. (8) Obtener y analizar la información química disponible en Internet para hacer investigaciones sobre temas químicos de interés, y saber utilizar el lenguaje y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para poder analizar, comunicar y debatir los temas investigados. (9) Adquirir una visión global del desarrollo teórico y práctico de la química y del papel que puede tener en la sociedad actual para contribuir a la consecución de un futuro sostenible. (10) Reconocer la dimensión cultural de la química para la formación integral de las personas, así como sus repercusiones en la sociedad y en el medio ambiente. (11) Participar con criterios fundamentados, como ciudadanos y como futuros científicos, en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que se enfrenta la humanidad en los que la química pueda hacer alguna aportación.

Finalmente, de acuerdo con el *Real Decreto 1467/2007* y el *Decreto 142/2008*, que establece el currículo básico del Bachillerato, la presente unidad didáctica persigue los siguientes objetivos específicos: (1) Interpretar la oxidación-reducción como un intercambio de electrones entre especies químicas. (2) Comprender que todo proceso de oxidación va asociado a un proceso de reducción. (3) Ajustar correctamente reacciones de oxidación-reducción. (4) Aplicar las leyes de la estequiometría a los procesos redox. (5) Predecir qué procesos tendrán lugar de forma espontánea conocidos los potenciales normales de semirreacción. (6) Explicar los procesos que tienen lugar en una pila y en una celda electrolítica y conocer procesos industriales relacionados con ellas. (7) Valorar desde el punto de vista técnico e industrial, el problema que supone la corrosión los metales. (8) Utilizar el método del ión-electrón como sistema de ajuste de las reacciones químicas en las

que hay transferencia de electrones. (9) Realizar de cálculos, gráficos y analíticos, estimando la acumulación de errores y el significado de los resultados. (10) Aplicar de las leyes de la estequiometría a los procesos redox, incluyendo el cálculo del número de electrones. (11) Diseñar y realización de experiencias para poner de manifiesto la mayor o menor tendencia a oxidarse de los metales en presencia de un ácido. (12) Utilizar la escala de potenciales normales de reducción para predecir la espontaneidad de un proceso redox. (13) Diseñar y realizar pilas y acumuladores prediciendo su funcionamiento y contrastándolo con los datos de su estudio experimental. (14) Buscar información y elaboración de informes sobre la obtención de algún metal, la corrosión, formas de protegerlo y su importancia en la tecnología y la sociedad. (15) Elaborar comunicaciones sobre el uso de recubrimientos electrolíticos y medidas contra la corrosión. (16) Buscar información y elaborar informes en torno a la protección de los metales en procesos industriales.

#### **4.4. Competencias básicas y específicas**

Tal como establecen los *Artículos 7 y 8 del Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en esta unidad didáctica se trabajarán competencias generales y específicas de la materia, las cuales están ampliamente descritas en los *Anexos 1 y 2*, respectivamente, del mismo Decreto. Así, se describen las competencias básicas que se trabajarán en la presente unidad didáctica:

- **Competencia comunicativa (CC):** Se trabajará mediante el uso de recursos lingüísticos orales y escritos para poder aplicarlos a las diversas circunstancias académicas y sociales, el dominio de lenguas en el ámbito oral y escrito; y uso de varios registros lingüísticos y del lenguaje audiovisual.
- **Competencia en investigación (CIV):** Se trabajará mediante la capacidad de elegir con criterio propio, de imaginar proyectos y de desarrollarlos con el uso de técnicas adecuadas; la formulación de hipótesis, tratamiento de la información, interpretación, argumentación, redacción de conclusiones y exposición los resultados; y la capacidad emprendedora.
- **Competencia en gestión y tratamiento de la información (CIF):** Se trabajará mediante el uso de las bibliotecas tradicionales y electrónicas; aprendizaje en la búsqueda de información en las redes; valorar si la información obtenida es pertinente; ordenar y clasificar la información, analizarla, interpretarla, sintetizarla y comunicar los resultados obtenidos; y tomar conciencia de la dimensión ética en el uso de la información.
- **Competencia digital (CD):** Se trabajará mediante el uso de las

herramientas tecnológicas para la búsqueda de información y aprendizaje de la materia; la utilización del tratamiento de la información y de las posibilidades comunicativas de las redes virtuales.

- **Competencia personal e interpersonal (CP):** Se trabajará mediante el trabajo de manera autónomo y para tomar decisiones conscientemente; el cultivo del autoconocimiento, de autorregular los propios aprendizajes; y la adquisición de habilidades sociales, de la capacidad de trabajar en equipo, de la mediación en la resolución de conflictos, de la aceptación de la diferencia y de la capacidad de escuchar y de aprender de los demás.
- **Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo (CM):** Se trabajará mediante la adquisición de un espíritu crítico en la observación de la realidad y la comprensión de la realidad social por medio del análisis local y global.

A continuación, se definen las competencias específicas de la materia que se trabajarán en la presente unidad didáctica:

- **Competencia en la indagación y la experimentación (CeI):** Se trabajará mediante la identificación de problemas, generar cuestiones susceptibles de ser investigadas, diseñar y realizar búsquedas, registrar y analizar datos, sacar conclusiones, elaborar, comunicar y defender hipótesis.
- **Competencia en la comprensión de la naturaleza de la ciencia (CeN):** Se trabajará en el estudio de la aceptación de las ideas científicas, el cual depende de la observación, de la contrastación experimental y de la coherencia con otras ideas que conforman las teorías aceptadas.
- **Competencia en la comprensión y capacidad de actuar sobre del mundo físico (CeA):** Se trabajará mediante el uso de los conceptos, modelos y principios fundamentales de la electroquímica y, por otra parte, aplicar el conocimiento integrado de los modelos, procedimientos y valores de la electroquímica para poder comprender y valorar situaciones relacionadas con aspectos tecnológicos, éticos, sociales y ambientales.

#### **4.5. Contenidos y criterios de evaluación.**

De acuerdo con el *Real Decreto 1467/2007* y el *Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en la **Tabla 1**, se indica la relación de contenidos, criterios de evaluación, objetivos competenciales, indicadores de logro, actividades y competencias básicas y específicas de la unidad didáctica.

**Tabla 1.** Relación de contenidos, criterios de evaluación, objetivos competenciales, indicadores de logro, actividades y competencias básicas y específicas de la unidad didáctica. Elaboración propia.

Contenidos	Criterios de evaluación	Objetivos competenciales	Indicadores de logro	Activ.	Competencias
Equilibrio redox. Concepto de oxidación-reducción. Oxidantes y reductores. Número de oxidación.	1. Determinar el número de oxidación de un elemento químico identificando si se oxida o reduce en reacción química.	1.1 Entender la oxidación y reducción relacionándola con la variación del número de oxidación de un átomo en sustancias oxidantes y reductoras.	-Busca información, selecciona, analiza y defiende la opinión sobre procesos redox y sus aplicaciones y repercusiones en la sociedad.  -Interpreta la oxidación-reducción como un intercambio de electrones entre especies químicas.	1, 2,3	CC-CIF-CP-CM CeI-CeN-CeA
Ajuste de reacciones redox por el método del ion-electrón. Estequiometría de las reacciones redox.	2. Ajustar reacciones redox utilizando el método del ion-electrón y hacer los cálculos estequiométricos correspondientes.	2.1 Identificar las reacciones redox y ajustar empleando el método del ion-electrón.  2.2 Realizar cálculos estequiométricos de reacciones redox.	-Identifica y ajusta las reacciones redox mediante el método tradicional del ion-electrón y usando simuladores y applets.  -Resuelve problemas aplicando cálculos estequiométricos en reacciones redox mediante el método tradicional y uso de simuladores y applets.	3, 6	CD-CP CeI-CeN-CeA
Potencial de reducción estándar.	3. Comprender el significado de potencial estándar de reducción de un par redox, utilizándolo para predecir la espontaneidad de un proceso entre dos pares redox.	3.1 Relacionar la espontaneidad de un proceso redox con la variación de energía de Gibbs considerando el valor de la fuerza electromotriz.  3.2 Diseñar una pila conociendo los potenciales estándar de reducción para calcular el potencial generado.  3.3 Analizar un proceso de oxidación-reducción con la generación de corriente eléctrica representando una pila galvánica.	-Predice la espontaneidad de un proceso redox con la variación de energía de Gibbs considerando el valor de la fuerza electromotriz obtenida.  -Identifica y presenta el proceso redox que ocurre en una pila, y usa la notación abreviada. Calcula el potencial de las pilas y determina la espontaneidad de las reacciones usando la escala de potenciales normales de reducción.  -Sabe, relaciona y presenta un proceso redox con la generación de corriente eléctrica representando una pila galvánica.	3, 6	CD-CP CeI-CeN-CeA
Volumetrías redox.	4. Realizar cálculos estequiométricos necesarios para aplicar a las volumetrías redox.	4.1 Usar el procedimiento para realizar una volumetría redox realizando los cálculos estequiométricos.	-Realiza los cálculos estequiométricos en las volumetrías redox, usando el procedimiento tradicional, y simuladores y applets específicas.	3, 6	CD-CP CeI-CeN-CeA

Leyes de Faraday de electrólisis.	5. Determinar la cantidad de sustancia depositada en los electrodos de cuba electrolítica usando leyes de Faraday.	5.1 Aplicar las leyes de Faraday a un proceso electrolítico determinando la cantidad de materia depositada en un electrodo o el tiempo de proceso.	-Aplica las leyes de Faraday en los recubrimientos electrolíticos para la protección de los metales, en un entorno digital (applets) y experimental.	3, 6, 11	CIV-CIF-CD-CP CeI-CeN-CeA
Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación reducción: baterías, pilas de combustible, prevención de la corrosión de metales, y otras industrias.	6. Conocer algunas de las aplicaciones de la electrólisis como la prevención de la corrosión, la fabricación de pilas de distinto tipos (galvánicas, alcalinas, de combustible), la obtención de elementos puros, y otros procesos industriales.	6.1 Saber el funcionamiento, las características y diferencias de las pilas de combustible y las pilas y baterías eléctricas.	-Busca información, selecciona, analiza, sabe y defiende oralmente sobre procesos de una pila de combustible, características, semi-reacciones redox, usos de dichas pilas vs convencionales.	4	CC-CIV-CIF- CD-CP-CM CeI-CeN-CeA
			-Busca información, analiza, elabora informes y defiende oralmente sobre la problemática del impacto medioambiental y reciclaje de las pilas.	5	CC-CIV-CIF- CD-CP-CM CeI-CeN-CeA
			-Conoce las aplicaciones y repercusiones de las baterías, pilas de combustible y electrolizadores de hidrógeno en un entorno científico.	8	CeI-CeN-CeA
			-Busca información, selecciona, analiza, elabora informes y opina sobre el impacto social y medioambiental de la industria de la madera, vanadio, metalurgia, ciclo del nitrógeno y biosensores.	7	CC-CIV-CIF- CD-CP-CM CeI-CeN-CeA
		6.3 Saber el proceso redox asociado a la generación de un potencial y corriente eléctrica en una pila galvánica.	-Diseña y construye una pila galvánica en un entorno experimental, prediciendo su funcionamiento.	10	CIV-CIF-CP CeI-CeN-CeA
		6.4 Conocer la corrosión de los metales y los procesos de galvanoplastia en la protección de metales.	-Analiza y valora el problema de la corrosión en metales en un entorno experimental, y propone procesos de galvanoplastia para la protección de metales.	9, 11	CIV-CIF-CP CeI-CeN-CeA

\* Abreviaturas: Competencia comunicativa (CC), Competencia en investigación (CIV), Competencia en gestión y tratamiento de la información (CIF), Competencia digital (CD), Competencia personal e interpersonal (CP), Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo (CM), Competencia en la indagación y la experimentación (CeI), Competencia en la comprensión de la naturaleza de la ciencia (CeN), Competencia en la comprensión y capacidad de actuar sobre del mundo físico (CeA).

## 4.6. Metodología

De acuerdo con el *Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en la Comunidad Autónoma de Cataluña, las metodologías empleadas deben responder al modelo de enseñanza constructivista, mediante el desarrollo de un aprendizaje significativo basado en la investigación y el descubrimiento y centrado en el desarrollo de las competencias básicas. En general, las metodologías se basarán en la conducción del profesor del proceso de enseñanza-aprendizaje interpelando de forma activa a los alumnos, planteándoles interrogantes y situaciones, históricas, cotidianas y conceptuales, de las que se pide la propuesta de soluciones. En cualquier caso, se tendrá en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, conectarán con los intereses de los alumnos, plantearán problemas abiertos concebidos como investigaciones, variedad en el uso de recursos didácticos, uso de las TIC, combinación de trabajo individual y en equipo, y tratamiento de contenidos transversales. Se usará una combinación de metodologías, preferentemente tanto la metodología expositiva (el docente proporciona conocimientos verbalmente al alumno que los recibe y asimila) como el aprendizaje cooperativo (los alumnos trabajan en grupo bajo la guía del profesor). Otras metodologías que también se emplearán son la enseñanza por descubrimiento, la metodología por conflicto cognitivo, y el aprendizaje basado en problemas, pero su uso será menos frecuente por presentar mayor complejidad en su implementación con alumnos que en algunos casos no disponen de suficiente madurez. En las actividades realizadas en el laboratorio, se utilizará una combinación de metodologías basadas en la metodología expositiva para la introducción de la práctica por parte del profesor, el aprendizaje por descubrimiento mediante el planteamiento de un problema a resolver mediante experimentos, y aprendizaje cooperativo mediante el trabajo en equipo por grupos de 3 o 4 alumnos.

El esquema general que seguirán las actividades consistirá en el planteamiento de cuestiones o situaciones las que hay que contar. Los recursos de que disponen los alumnos incluirán el libro de texto digital, las simulaciones (flash, java, etc), webs externas (generalistas o especializadas), moodle de la materia, vídeos y clips, fotocopias de revistas técnicas y diarios. El objetivo es que el alumno se interroge él mismo y busque en las explicaciones y las actividades de clase respuestas y soluciones a los problemas que se plantean.

Se realizarán presentaciones por parte de los alumnos en el grupo-clase que serán coevaluadas por el profesor, el grupo-clase y el grupo-pequeño o el alumno si son individuales. Adicionalmente, durante el desarrollo se propondrá al alumnado la

implementación de un ciclo de mejora continua que abarque diferentes ámbitos: las actividades iniciales de exploración y motivación, las explicaciones, los materiales y los recursos, las actitudes de los compañeros. Para aquellos alumnos que requieran una especial dedicación se proponen actividades de refuerzo adicionales.

#### 4.7. Actividades y temporalización

Siguiendo el *Real Decreto 1467/2007* y el *Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en la **Tabla 2**, se describe la relación de las actividades y la temporalización de las mismas, para la unidad didáctica.

**Tabla 2.** Descripción de las actividades y su temporalización para la presente unidad didáctica. Elaboración propia.

<b>Fase de la U.D.</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción de las actividades</b>
Inicial	Contextualización y motivación. Conocimientos previos de los alumnos <b>Sesiones 1-2</b>	<b>Actividad 1:</b> Sesión expositiva con preguntas. Visualización de vídeos, lluvia de ideas, lectura de textos y realización de cuestiones del apartado “Comenzamos” propuesto en el libro digital McGraw-Hill Education. <b>Actividad 2:</b> Visionado de vídeos sobre reacciones redox. Lluvia de ideas, debate en el aula sobre los vídeos relacionados con la relevancia de la electroquímica para CTSA, y cuestionario.
Desarrollo	Introducción de nuevos conocimientos <b>Sesiones 3-9</b>	<b>Actividad 3:</b> Sesión expositiva con preguntas y realización de ejercicios y problemas propuestos de los apartados “Actividades” en el libro digital McGraw-Hill Education. <b>Actividad 4:</b> Elaboración por grupos de una entrada de blog (en formato digital) sobre las pilas de combustible y su repercusión en la sociedad y el medio ambiente. <b>Actividad 5:</b> Trabajo de investigación grupal sobre sobre la problemática del impacto medio ambiental y el reciclaje de las pilas salinas, alcalinas, de litio, y recargables. Se buscará literatura sobre la problemática, y se debatirá en clase.
	Estructuración de los conocimientos <b>Sesiones 10-12</b>	<b>Actividad 6:</b> Realización de los ejercicios y problemas propuestos por pares de alumnos: aplicar conocimientos, definir, calcular, exponer, razonar,... Análisis de los procedimientos seguidos en los ejemplos y problemas resueltos a lo largo de la unidad. Ejecución de experiencias con simuladores o aplicaciones virtuales interactivas (applets). <b>Actividad 7:</b> Trabajo de investigación grupal sobre diferentes temáticas con un fuerte impacto social y medioambiental: la madera, el vanadio, la metalurgia y el ciclo del nitrógeno. Se buscará literatura, se presentará un breve informe, se expondrá oralmente y debatirá en clase.
	Aplicación del conocimiento	<b>Actividad 8:</b> Visita al centro de investigación IREC (Institut de Recerca d'Energia de Catalunya).

Final	<b>Sesiones 13-15</b>	<b>Actividad 9:</b> Práctica de laboratorio 1, corrosión de los metales. <b>Actividad 10:</b> Práctica de laboratorio 2, celdas galvánicas. <b>Actividad 11:</b> Práctica de laboratorio 3, recubrimientos electrolíticos.
	Evaluación del aprendizaje <b>Sesión 16</b>	<b>Actividad 12:</b> Realización de una prueba escrita de toda la unidad didáctica.

A continuación, en las **Tablas 3-13**, se van a describir para cada actividad, en formato ficha, los números de sesiones, objetivos, contenidos, descripción de la actividad, competencias trabajadas, espacio y agrupamiento del alumnado, recursos, temporalización, e instrumentos de evaluación.

**Tabla 3.** Ficha de la actividad 1. Elaboración propia.

Título de la actividad 1		Sesión
Introducción a los conceptos oxidación-reducción y reacciones redox. Aplicaciones y repercusiones.		1
Objetivos	Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contextualización, motivación y conocimientos previos de los alumnos sobre la presente unidad didáctica de las reacciones redox en un contexto de aplicación (CTSA).</li> <li>- Sensibilizar hacia la sostenibilidad medioambiental.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje de los científicos y fomentar el espíritu crítico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto oxidación-reducción, reacciones químicas tipo reducción-oxidación.</li> <li>- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción en la CTSA.</li> </ul>	
Actividad	Competencias	
<p>Inicialmente, se introducirá el tema mediante metodología expositiva con preguntas, en la cual se visualizará vídeos y lectura de textos y se realizará una lluvia de ideas.</p> <p>A continuación, los alumnos contestarán las cuestiones del apartado “Comenzamos” propuesto en el libro digital McGraw-Hill Education. Se trabajará por pares de alumnos.</p> <p>Finalmente, se debate en el aula sobre los vídeos relacionados con la relevancia de la electroquímica para CTSA.</p>	CC	X
	CIV	
	CIF	
	CD	
	CP	X
	CM	X
	CeI	X
	CeN	X
CeA	X	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Aula habitual del grupo. Se trabajará por pares de alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet y proyector en el aula. Libro digital McGraw-Hill Education. Recursos web.	Exposición con preguntas: 20 min Trabajo por pares: 20 min Debate final: 20 min
Instrumentos de evaluación		
Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuaderno digital del alumno).		

**Tabla 4.** Ficha de la actividad 2. Elaboración propia.

Título de la actividad 2		Sesión
Contextualización de los conceptos oxidación-reducción y reacciones redox. Aplicaciones y repercusiones.		2
Objetivos	Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contextualización, motivación y conocimientos previos de los alumnos sobre la presente unidad didáctica de las reacciones redox en un contexto de aplicación (CTSA).</li> <li>- Sensibilizar hacia la sostenibilidad medioambiental.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje de los científicos y fomentar el espíritu crítico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto oxidación-reducción, reacciones químicas tipo reducción-oxidación.</li> <li>- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción en la CTSA.</li> </ul>	
Actividad	Competencias	
<p>Inicialmente, se recordará los conceptos presentados en la sesión anterior, así como los objetivos de la presente. Después, se visualizarán diversos vídeos sobre reacciones redox para favorecer la introducción, contextualización y motivación en la unidad didáctica por parte del alumnado. Se proponen los siguientes vídeos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación y reducción en la vida cotidiana (industria): <a href="https://www.youtube.com/watch?v=aSePJ5_DedM">https://www.youtube.com/watch?v=aSePJ5_DedM</a></li> <li>- Aplicaciones de reacciones de redox: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=kKNTFZoNqfs">https://www.youtube.com/watch?v=kKNTFZoNqfs</a></li> </ul> <p>Posteriormente, se realizará una lluvia de ideas, debate en el aula sobre los vídeos relacionados con la relevancia de la electroquímica para CTSA.</p> <p>Finalmente, en grupos de 3-4 personas, se responderá un cuestionario de introducción a la unidad didáctica, el cual ayudará a determinar los conocimientos previos del alumnado. Se trabajarán diversos aspectos, mediante la búsqueda de información en internet, relacionados con el uso problemático de soluciones de iones de plomo en un laboratorio, cuya eliminación de las soluciones de los reactivos y los productos requieren un cuidado especial. Se responderá el siguiente cuestionario:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Por qué los compuestos de plomo no deben ser incinerados o desechados en una solución soluble por el desagüe?</li> <li>- Describe brevemente el problema relacionado con el plomo en el medio ambiente. Investiga cual fue la fuente más común de contaminación por plomo hasta que la legislación obligó a un cambio en la sustancia vendida.</li> <li>- Sugiere una razón por la cual es aceptable enterrar un compuesto de plomo que no es soluble en agua.</li> </ul> <p><i>(Continúa en la columna derecha)</i></p>	CC	X
	CIV	
	CIF	X
	CD	
	CP	X
	CM	X
	CeI	X
	CeN	X
	CeA	X
	<i>(Continúa de la columna izquierda)</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuando se agrega un exceso de solución de silicato de sodio a 150 ml de plomo (II) en la solución de nitrato, se obtienen 2,41 g de precipitado seco. Calcula la concentración de la solución de nitrato de plomo (II).</li> <li>- Compara la naturaleza de la ciencia y de la tecnología, señalando las diferencias clave en las características de estas dos formas de esfuerzo humano.</li> </ul>		
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Aula habitual del grupo. Se trabajará en grupo, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet y proyector en el aula. Libro digital McGraw-Hill Education. Recursos web.	Introducción y visualización de vídeos: 10 min Debate sobre los vídeos: 20 min Trabajo en grupo: 30 min
Instrumentos de evaluación		
Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuestionario de conocimientos iniciales en cuaderno digital del alumno).		

**Tabla 5.** Ficha de la actividad 3. Elaboración propia.

<b>Título de la actividad 3</b>		<b>Sesiones</b>	
Ajuste y estequiometría de las reacciones redox. Volumetrías redox. Leyes de Faraday.		3, 4 y 5	
<b>Objetivos</b>		<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el número de oxidación de un elemento químico identificando si se oxida o reduce en una reacción química.</li> <li>- Ajustar reacciones de oxidación-reducción utilizando el método del ion-electrón y hacer los cálculos estequiométricos correspondientes.</li> <li>- Comprender el significado de potencial estándar de reducción de un par redox, utilizándolo para predecir la espontaneidad de un proceso entre dos pares redox.</li> <li>- Realizar cálculos estequiométricos necesarios para aplicar a las volumetrías redox.</li> <li>- Determinar la cantidad de sustancia depositada en los electrodos de una celda electrolítica empleando las leyes de Faraday.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto de oxidación-reducción. Oxidantes y reductores. Número de oxidación. Equilibrio redox.</li> <li>- Ajuste redox por el método del ion-electrón. Estequiometría de las reacciones redox.</li> <li>- Potencial de reducción estándar.</li> <li>- Volumetrías redox.</li> <li>- Leyes de Faraday de la electrólisis.</li> </ul>	
<b>Actividad</b>		<b>Competencias</b>	
<p>La presente actividad se desarrollará en 3 sesiones. La mecánica de cada sesión consistirá en un repaso breve de los conceptos presentados en las sesiones anteriores, así como los objetivos de la presente sesión.</p> <p>En la sesión 3, se presentará el número de oxidación, equilibrio redox, ajuste redox por el método del ion-electrón y estequiometría de las reacciones redox. En la sesión 4, el potencial de reducción estándar y las volumetrías redox. En la sesión 5, las leyes de Faraday de electrólisis.</p> <p>Posteriormente, se realizará una breve sesión expositiva con preguntas, en la cual se explicará los contenidos de la sesión.</p> <p>Finalmente, se realizará ejercicios y problemas propuestos de los apartados “Actividades” en el libro digital McGraw-Hill Education. Se trabajará por pares de alumnos.</p>		CC	
		CIV	
		CIF	
		CD	
		CP	X
		CM	
		CeI	X
		CeN	X
		CeA	X
<b>Espacio y agrupamiento</b>	<b>Recursos</b>	<b>Temporalización</b>	
Aula habitual del grupo. Se trabajará por pares de alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet y proyector en el aula. Libro digital McGraw-Hill Education.	En cada sesión 3, 4 y 5: Introducción y repaso: 10 min Exposición con preguntas: 20 min Trabajo en grupo: 30 min	
<b>Instrumentos de evaluación</b>			
Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuaderno digital del alumno).			

**Tabla 6.** Ficha de la actividad 4. Elaboración propia.

Título de la actividad 4		Sesiones																		
Trabajo de investigación grupal sobre las pilas de combustible y su repercusión en la sociedad y el medio ambiente.		6 y 7																		
Objetivos		Contenidos																		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajar las reacciones redox en un contexto de aplicación CTSA.</li> <li>- Conocer las celdas de combustible y sus características específicas.</li> <li>- Contextualizar la historia del desarrollo de las pilas de combustible relacionada con las soluciones para solventar las dificultades técnicas.</li> <li>- Sensibilizar hacia las tecnologías de energías renovables y sostenibilidad medioambiental.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos, el espíritu crítico hacia los avances científico-tecnológicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación/reducción: pilas de combustible.																		
Actividad		Competencias																		
<p>En la sesión 6, se presentará brevemente los objetivos de la actividad. A continuación, en grupos de 3-4 personas, los alumnos trabajarán los siguientes aspectos mediante la búsqueda de información en internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar un esquema de la evolución cronológica del desarrollo de las pilas de combustible.</li> <li>- Confeccionar una tabla con los tipos de pilas de combustible, los materiales de los componentes (electrolito y electrodos), reacciones redox (semireacciones de oxidación/reducción en cada electrodo), rangos de temperatura de operación, aplicaciones y estado de madurez industrial.</li> <li>- Comentar brevemente las ventajas e inconvenientes de cada tipo de celda de combustible, justificando las mismas en base a sus características específicas.</li> <li>- Confeccionar una entrada de los puntos anteriores en un blog habilitado por el profesor.</li> </ul> <p>En la sesión 7, se debatirá en el aula sobre las cuestiones relacionadas con las pilas de combustible desde diferentes dimensiones: los científicos y hechos que contribuyeron a su mayor avance, solución viable a los sistemas convencionales de generación de electricidad en diferentes contextos (transporte, uso residencial, industrial...).</p> <p><i>(Continúa en la columna derecha)</i></p>		<table border="1"> <tbody> <tr><td>CC</td><td>X</td></tr> <tr><td>CIV</td><td>X</td></tr> <tr><td>CIF</td><td>X</td></tr> <tr><td>CD</td><td>X</td></tr> <tr><td>CP</td><td>X</td></tr> <tr><td>CM</td><td>X</td></tr> <tr><td>CeI</td><td>X</td></tr> <tr><td>CeN</td><td>X</td></tr> <tr><td>CeA</td><td>X</td></tr> </tbody> </table> <p><i>(Continúa de la columna izquierda)</i> Inicialmente, un portavoz de cada grupo expondrá el punto de vista al aula. Posteriormente, se abrirá el debate de cada cuestión a todo el grupo aula. Finalmente, se planteará una autoevaluación, basada en un programa-juego, mediante la aplicación informática Kahoot.</p>	CC	X	CIV	X	CIF	X	CD	X	CP	X	CM	X	CeI	X	CeN	X	CeA	X
CC	X																			
CIV	X																			
CIF	X																			
CD	X																			
CP	X																			
CM	X																			
CeI	X																			
CeN	X																			
CeA	X																			
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización																		
Aula habitual del grupo. Grupos de 3-4 alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet y proyector en el aula.	En la sesión 6: Introducción: 10 min Trabajo en grupo: 50 min En la sesión 7: Debate: 45 min Autoevaluación: 15 min																		
Instrumentos de evaluación																				
Evaluación del trabajo de investigación (blog en formato digital del alumno). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud).																				

**Tabla 7.** Ficha de la actividad 5. Elaboración propia.

<b>Título de la actividad 5</b>		<b>Sesiones</b>	
Trabajo de investigación grupal sobre la problemática del impacto medioambiental y reciclaje de las pilas.		8 y 9	
<b>Objetivos</b>		<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajar las reacciones redox en un contexto de aplicación CTSA.</li> <li>- Conocer las pilas, baterías y acumuladores eléctricos, y sus características específicas.</li> <li>- Contextualizar la historia del desarrollo de las pilas relacionadas con las soluciones para solventar las dificultades técnicas.</li> <li>- Sensibilizar hacia las tecnologías de sostenibilidad medioambiental.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos, el espíritu crítico hacia los avances científico-tecnológicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción: baterías eléctricas.	
<b>Actividad</b>		<b>Competencias</b>	
<p>En la sesión 8, se presentará brevemente los objetivos de la actividad. A continuación, en grupos de 3-4 personas, los alumnos trabajarán los siguientes aspectos mediante la búsqueda de información en internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar una tabla nombrando 3 pilas primarias y 3 pilas secundarias, los materiales del ánodo y cátodo, reacciones redox (semireacciones de oxidación/reducción en cada electrodo), características y usos.</li> <li>- Comentar brevemente las ventajas e inconvenientes de cada pila, justificando en base a sus características específicas e impacto ambiental.</li> </ul> <p>La problemática medioambiental asociada a las pilas obligó a su regulación legislativa a nivel europeo, mediante la Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de septiembre de 2006. Se hará una búsqueda, lectura y análisis de la directiva. Después, se plantean diversas cuestiones para trabajar dicha directiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas preventivas acerca de las restricciones en el uso de metales tóxicos como mercurio, cadmio,...</li> <li>- Requisitos para el sistema de recogida de los acumuladores portátiles, industriales, automóviles,...</li> <li>- Pon algunos ejemplos sobre la energía ahorrada usando metales reciclados en las baterías.</li> <li>- Niveles de eficiencia de reciclaje se exigen para cada tipo de pila.</li> <li>- ¿Quién paga la recogida, tratamiento y reciclaje de las baterías?</li> </ul> <p>Posteriormente, cada grupo elaborará un informe sobre las diferentes cuestiones planteadas.</p> <p><i>(Continúa en la columna derecha)</i></p>		CC	X
		CIV	X
		CIF	X
		CD	X
		CP	X
		CM	X
		CeI	X
		CeN	X
		CeA	X
		En la sesión 9, cada grupo presentará oralmente, a toda el aula, una de las cuestiones planteadas. Al finalizar la exposición oral de cada grupo, los compañeros pueden realizar preguntas sobre dudas, sugerencias,...	
<b>Espacio y agrupamiento</b>	<b>Recursos</b>	<b>Temporalización</b>	
Aula habitual del grupo. Grupos de 3-4 alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet y proyector en el aula.	En la sesión 8: Introducción: 10 min Trabajo en grupo: 50 min En la sesión 9: Exposición oral: 60 min	
<b>Instrumentos de evaluación</b>			
Evaluación del trabajo de investigación (informe). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Prueba oral (exposición oral).			

**Tabla 8.** Ficha de la actividad 6. Elaboración propia.

Título de la actividad 6		Sesión
Experiencias con simuladores o aplicaciones virtuales interactivas (applets).		10
Objetivos	Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ampliar y consolidar los contenidos, desarrollados en las anteriores actividades, de acuerdo al nivel requerido por cada alumno.</li> <li>- Ejecutar experiencias con simuladores o aplicaciones virtuales interactivas (applets) sobre reacciones redox.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos en un entorno digital.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto de oxidación-reducción. Equilibrio redox.</li> <li>- Ajuste de las reacciones redox por el método del ion-electrón.</li> <li>- Potencial de reducción estándar.</li> <li>- Volumetrías redox.</li> <li>- Leyes de Faraday.</li> </ul>	
Actividad	Competencias	
<p>Inicialmente, los alumnos trabajarán individualmente la resolución de ejercicios específicos para la ampliación y consolidación de contenidos de acuerdo al nivel requerido por cada alumno. Se resolverán las actividades propuestas en el apartado “Actividades Finales” del libro digital McGraw-Hill Education.</p> <p>Posteriormente, se trabajará por pares de alumnos, la ejecución de experiencias con simuladores o aplicaciones virtuales interactivas (applets). Por ejemplo:</p> <p>Ajustador automático de reacciones redox:  <a href="http://www.gregthatcher.com/Chemistry/BalanceChemicalEquations.aspx">http://www.gregthatcher.com/Chemistry/BalanceChemicalEquations.aspx</a></p> <p>Applet sobre la electrólisis:  <a href="https://iwant2study.org/lookangejss/chemistryejss/ejss_model_ElectrolysisofWaterVirtualLabv4/ElectrolysisofWaterVirtualLabv4_Simulation.xhtml">https://iwant2study.org/lookangejss/chemistryejss/ejss_model_ElectrolysisofWaterVirtualLabv4/ElectrolysisofWaterVirtualLabv4_Simulation.xhtml</a></p>	CC	
	CIV	
	CIF	
	CD	X
	CP	X
	CM	
	CeI	X
	CeN	X
	CeA	X
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Aula habitual del grupo. Se trabajará individualmente, por pares de alumnos y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet en el aula. Libro digital McGraw-Hill Education. Recursos web.	Trabajo individual: 30 min Trabajo en grupo: 30 min
Instrumentos de evaluación		
Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuaderno digital del alumno).		

**Tabla 9.** Ficha de la actividad 7. Elaboración propia.

<b>Título de la actividad 7</b>		<b>Sesiones</b>	
Trabajo de investigación grupal sobre diferentes temáticas con un fuerte impacto social y medioambiental: la madera, el vanadio, la metalurgia, el ciclo del nitrógeno y biosensores.		11 y 12	
<b>Objetivos</b>		<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajar las reacciones redox en un contexto de aplicación (CTSA).</li> <li>- Manifiestar que un objetivo de la tecnología es resolver problemas prácticos.</li> <li>- Reconocer que los problemas tecnológicos pueden requerir diversas soluciones y pueden tener consecuencias intencionales e involuntarias.</li> <li>- Conocer algunas aplicaciones de las reacciones redox en los sistemas vivos y no vivos, en el ámbito industrial.</li> <li>- Sensibilizar hacia una mayor sostenibilidad medioambiental.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos, el espíritu crítico hacia los avances científico-tecnológicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción: la madera, el vanadio, la metalurgia y el ciclo del nitrógeno.	
<b>Actividad</b>		<b>Competencias</b>	
<p>En la sesión 11, se presentará brevemente los objetivos de la actividad. Inicialmente, se propondrá diversas temáticas (la madera, el vanadio, la metalurgia, el ciclo del nitrógeno y biosensores) a trabajar, en las que intervienen las reacciones redox, con un fuerte protagonismo en la vida cotidiana, en lo socio-económico y en su impacto sobre el medio ambiente.</p> <p>Los alumnos agrupados en 4-5 miembros deberán realizar una búsqueda de información sobre una de las temáticas. Para cada temática, se entregará una introducción a cada temática junto a una serie de cuestiones, las cuales ayudarán a orientar el trabajo (ver <b>ANEXO I</b>). Posteriormente, cada grupo elaborará un pequeño informe sobre las diferentes cuestiones planteadas.</p> <p>En la sesión 9, cada grupo presentará oralmente, a toda el aula, las conclusiones de las cuestiones planteadas. Al finalizar la exposición oral de cada grupo, los compañeros pueden realizar preguntas sobre dudas, sugerencias,...</p>		CC	X
		CIV	X
		CIF	X
		CD	X
		CP	X
		CM	X
		CeI	X
		CeN	X
		CeA	X
<b>Espacio y agrupamiento</b>	<b>Recursos</b>	<b>Temporalización</b>	
Aula habitual del grupo. Grupos de 4-5 alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet y proyector en el aula.	En la sesión 11: Introducción: 10 min Trabajo en grupo: 50 min En la sesión 12: Exposición oral: 60 min	
<b>Instrumentos de evaluación</b>			
Evaluación del trabajo de investigación (informe). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Prueba oral (exposición oral).			

**Tabla 10.** Ficha de la actividad 8. Elaboración propia.

<b>Título de la actividad 8</b>		<b>Sesión</b>	
Visita a un centro de investigación IREC (Institut de Recerca d'Energia de Catalunya).		13	
<b>Objetivos</b>		<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner en práctica acciones contextualizadas en el ámbito sociocultural de los alumnos, con la finalidad de poder explorar las relaciones CTSA</li> <li>- Sensibilizar hacia las tecnologías de energías renovables y sostenibilidad medioambiental.</li> <li>- Familiarizarse con el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos, el espíritu crítico hacia los avances científico-tecnológicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción: baterías eléctricas, pilas de combustible, electrolizadores de hidrógeno.	
<b>Actividad</b>		<b>Competencias</b>	
<p>Antes de realizar la visita a IREC, el alumnado deberá repasar el material estudiado en las actividades 4, 5 y 7, ya que está estrechamente relacionado con los dispositivos que se observarán en las instalaciones de IREC.</p> <p>Durante la visita, en turnos de grupos de 10-12 alumnos, se visitarán los laboratorios de Pilas de Combustible) y Almacenaje. Se pretenderá fomentar la observación, el análisis y la comprensión de los comentarios realizados por parte de personal científico, mediante la respuesta de un breve cuestionario y la formulación de preguntas por parte del alumnado a dicho personal. Las cuestiones planteadas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cita los materiales con que se fabrican las pilas de combustible y baterías.</li> <li>- Comenta algunas técnicas de fabricación de las pilas de combustible y baterías.</li> <li>- Comenta algunas técnicas de caracterización de las pilas de combustible y baterías.</li> </ul> <p>Después de la visita, se planteará una autoevaluación de la misma, basada en un programa-juego, mediante la aplicación informática Kahoot.</p>		CC	
		CIV	
		CIF	
		CD	
		CP	
		CM	
		CeI	X
		CeN	X
		CeA	X
<b>Espacio y agrupamiento</b>	<b>Recursos</b>	<b>Temporalización</b>	
Laboratorios de IREC. Se trabajará en grupos de 10-12 miembros-profesor.	PC o móvil con acceso a Internet.	Visita: 45 min (lab pilas) + 45 min (lab baterías) Autoevaluación: 15 min	
<b>Instrumentos de evaluación</b>			
Evaluación del trabajo de investigación (informe). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud).			

**Tabla 11.** Ficha de la actividad 9. Elaboración propia.

Título de la actividad 9		Sesión	
Práctica de laboratorio 1, la corrosión de los metales.		14	
Objetivos		Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manifestar la tendencia a oxidarse de los metales en un ácido.</li> <li>- Utilizar la escala de potenciales normales de reducción para predecir la espontaneidad de un proceso redox.</li> <li>- Trabajar la corrosión de los metales, formas de protegerlo y su importancia en la tecnología y la sociedad.</li> <li>- Valorar el problema que supone la corrosión los metales, desde un punto de vista técnico e industrial (CTSA).</li> <li>- Fomentar el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación reducción: la corrosión de metales.	
Actividad		Competencias	
<p>Inicialmente, se presentará los objetivos de la práctica y una breve clase expositiva con preguntas para fomentar la participación de los alumnos. En grupos de 3-4 personas, los alumnos deberán diseñar los experimentos, mediante la búsqueda de información, para estudiar el efecto de diferentes bebidas (gua desionizada y de grifo, agua con sal común, vinagre) que contienen diferentes concentraciones de electrolitos (sales) sobre la velocidad de corrosión de 4 metales: acero, acero inoxidable, aluminio y cobre. Como apoyo en el diseño de los experimentos, los alumnos dispondrán de unas cuestiones junto al guión de prácticas introductorio (ver <b>ANEXO II</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enumera en una lista, las diferencias que se observa en los resultados de los diferentes experimentos realizados.</li> <li>- Identifica las reacciones que tienen lugar en el acero cuando está en contacto con el aire. Y en una solución con ácido, con presencia de sal común,... Y para el resto de metales estudiados (acero inoxidable, cobre, aluminio).</li> <li>- Justifica razonadamente las diferencias observadas en la velocidad de corrosión entre el agua desionizada, de grifo y con presencia de sal.</li> <li>- Justifica, con los potenciales de reducción redox, las diferencias de corrosión observadas entre los diferentes metales estudiados.</li> <li>- Si existiese alguna anomalía en la corrosión de los metales respecto a los que en principio sería esperable de acuerdo a los potenciales de reacción redox, trata de justificarlo.</li> </ul> <p>Cuando los alumnos han finalizado la parte práctica de la experiencia, deberán responder las cuestiones, y entregarlas en un informe de prácticas junto al diseño de experimentos, los resultados experimentales, y conclusiones.</p>		CC	
		CIV	X
		CIF	X
		CD	
		CP	X
		CM	
		CeI	X
		CeN	X
CeA	X		
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización	
Laboratorio escolar. Grupos de 3-4 alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet. Materiales: Agua desionizada, agua de grifo, agua con sal comuna, refrescos (vinagre), 4 muestras idénticas de cada metal (acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y cobre), vasos de plástico, balanza analítica.	Clase expositiva: 30 min Trabajo en grupo diseño experimentos: 50 min Trabajo en grupo experimental: 40 min	
Instrumentos de evaluación			
Observación directa en el laboratorio (realización de la experiencia, control, participación y actitud). Revisión del trabajo en el laboratorio (informe de prácticas).			

**Tabla 12.** Ficha de la actividad 10. Elaboración propia.

<b>Título de la actividad 10</b>		<b>Sesión</b>	
Práctica de laboratorio 2, celdas galvánicas.		15	
<b>Objetivos</b>		<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprender procedimientos para trabajar en el laboratorio las reacciones redox en un contexto de aplicación (CTSA).</li> <li>- Conocer los fundamentos de las pilas galvánicas, así como los procesos espontáneo y no espontáneo.</li> <li>- Conocer el proceso redox que ocurre en las diferentes pilas, y usar la notación abreviada.</li> <li>- Calcular el potencial de las pilas y determinar la espontaneidad de las reacciones.</li> <li>- Fomentar el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones redox: pilas galvánicas y electrolíticas.	
<b>Actividad</b>		<b>Competencias</b>	
<p>Inicialmente, se presentará los objetivos de la práctica y una breve clase expositiva con preguntas para fomentar la participación de los alumnos.</p> <p>Posteriormente, en grupos de 3-4 personas, los alumnos deberán diseñar los experimentos, mediante la búsqueda de información, para construir una pila galvánica (Pila Daniell). Como apoyo en el diseño de los experimentos, los alumnos dispondrán de un cuestionario que se les entregará junto al guión de prácticas introductorio (ver <b>ANEXO III</b>).</p> <p>Cuando los alumnos han finalizado la parte práctica de la experiencia, deberán responder las cuestiones, y entregarlas en un informe de prácticas junto al diseño de experimentos, los resultados experimentales, y conclusiones.</p>		CC	
		CIV	X
		CIF	X
		CD	
		CP	X
		CM	
		CeI	X
		CeN	X
		CeA	X
<b>Espacio y agrupamiento</b>	<b>Recursos</b>	<b>Temporalización</b>	
Laboratorio escolar. Grupos de 3-4 alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet. Materiales: 2 vasos de precipitados. 2 matraces aforados, barras metálicas de Cu y Zn, CuSO <sub>4</sub> y ZnSO <sub>4</sub> , espátula, balanza, cables, tubo en forma de U, papel de lija.	Clase expositiva: 30 min Trabajo en grupo diseño experimentos: 30 min Trabajo en grupo experimental: 60 min	
<b>Instrumentos de evaluación</b>			
Observación directa en el laboratorio (realización de la experiencia, control, participación y actitud). Revisión del trabajo en el laboratorio (informe de prácticas).			

**Tabla 13.** Ficha de la actividad 11. Elaboración propia.

Título de la actividad 11		Sesión																		
Práctica de laboratorio 3, recubrimientos electrolíticos		16																		
Objetivos		Contenidos																		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprender los principales procedimientos para trabajar en el laboratorio las reacciones redox en un contexto de aplicación CTSA.</li> <li>- Conocer las bases de los procesos de recubrimientos electrolíticos.</li> <li>- Aplicar la ley de Faraday.</li> <li>- Conocer los procesos electroquímicos que tienen lugar en los recubrimientos electrolíticos.</li> <li>- Fomentar el lenguaje y la forma de trabajar de los científicos.</li> </ul>		- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones redox: recubrimientos electrolíticos.																		
Actividad		Competencias																		
<p>Inicialmente, se presentará los objetivos de la práctica y una breve clase expositiva con preguntas para fomentar la participación de los alumnos.</p> <p>A continuación, en grupos de 3-4 personas, los alumnos deberán diseñar los experimentos, mediante la búsqueda de información, para recubrir una muestra metálica de acero. Como apoyo en el diseño de los experimentos, los alumnos dispondrán de un cuestionario que se les entregará junto al guión de prácticas introductorio (<b>ANEXO IV</b>). Las cuestiones a tratar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escribe las semireacciones de cada electrodo de la celda electrolítica, indicando electrodo, signo, especies...</li> <li>- Indica qué ocurriría si dejáramos indefinidamente la reacción en funcionamiento.</li> <li>- Explica qué ocurriría si invertimos los cables de los bornes de la pila.</li> <li>- Mediante la ley de Faraday, estima el tiempo de proceso que sería necesario para obtener un recubrimiento con un espesor de 1 micrómetro para una pieza de acero con una superficie de 2 cm<sup>2</sup>.</li> <li>- Comenta algunas aplicaciones cotidianas en las que podemos observar este fenómeno.</li> </ul> <p>Cuando los alumnos han finalizado la parte práctica de la experiencia, deberán responder las cuestiones, y entregarlas en un informe de prácticas junto al diseño de experimentos, los resultados experimentales, y conclusiones.</p>		<table border="1"> <tr><td>CC</td><td></td></tr> <tr><td>CIV</td><td>X</td></tr> <tr><td>CIF</td><td>X</td></tr> <tr><td>CD</td><td></td></tr> <tr><td>CP</td><td>X</td></tr> <tr><td>CM</td><td></td></tr> <tr><td>CeI</td><td>X</td></tr> <tr><td>CeN</td><td>X</td></tr> <tr><td>CeA</td><td>X</td></tr> </table>	CC		CIV	X	CIF	X	CD		CP	X	CM		CeI	X	CeN	X	CeA	X
CC																				
CIV	X																			
CIF	X																			
CD																				
CP	X																			
CM																				
CeI	X																			
CeN	X																			
CeA	X																			
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización																		
Laboratorio escolar. Grupos de 3-4 alumnos, y grupo aula-profesor.	PC con acceso a Internet. Materiales: Muestra metálica de acero a recubrir, cable de cobre, sulfato de cobre, agua desionizada, pila de 9 V, vaso de precipitados, cables, pinzas tipo cocodrilos, placa calefactora.	Clase expositiva: 30 min Trabajo en grupo diseño experimentos: 30 min Trabajo en grupo experimental: 60 min																		
Instrumentos de evaluación																				
Observación directa en el laboratorio (realización de la experiencia, control, participación y actitud). Revisión del trabajo en el laboratorio (informe de prácticas).																				

**Tabla 14.** Ficha de la actividad 12. Elaboración propia.

<b>Título de la actividad 12</b>		<b>Sesión</b>	
Evaluación del aprendizaje de la unidad didáctica		13	
<b>Objetivos</b>		<b>Contenidos</b>	
<p>Evaluar al alumnado el proceso de enseñanza y aprendizaje de la unidad didáctica. Específicamente se evaluará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entender la oxidación y reducción relacionándolo con la variación del número de oxidación de un átomo en sustancias oxidantes y reductoras.</li> <li>- Identificar las reacciones de oxidación-reducción empleando el método del ion-electrón para ajustarlas.</li> <li>- Relacionar la espontaneidad de un proceso redox con la variación de energía de Gibbs considerando el valor de la fuerza electromotriz.</li> <li>- Diseñar una pila conociendo los potenciales estándar de reducción, utilizándolos para calcular el potencial generado formulando las semirreacciones redox correspondientes.</li> <li>- Analizar un proceso de oxidación-reducción con la generación de corriente eléctrica representando una célula galvánica.</li> <li>- Entender una volumetría redox realizando los cálculos estequiométricos correspondientes.</li> <li>- Aplicar las leyes de Faraday a un proceso electrolítico determinado.</li> <li>- Conocer los procesos que tienen lugar en una pila de combustible.</li> <li>- Conocer los procesos de anodización y la galvanoplastia en la protección de objetos metálicos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equilibrio redox.</li> <li>- Concepto de oxidación-reducción. Oxidantes y reductores. Número de oxidación.</li> <li>- Ajuste redox por el método del ion-electrón. Estequiometría de las reacciones redox.</li> <li>- Potencial de reducción estándar.</li> <li>- Volumetrías redox.</li> <li>- Leyes de Faraday de electrólisis.</li> <li>- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción: baterías eléctricas, pilas de combustible, prevención de la corrosión de metales.</li> </ul>	
<b>Actividad</b>		<b>Competencias</b>	
<p>La prueba escrita constará de cuatro preguntas cortas de comprensión, las cuales se contestarán en pocas líneas, y dos preguntas de aplicación práctica, en las cuales se resolverá un problema.</p>		CC	X
		CIV	
		CIF	
		CD	
		CP	
		CM	X
		CeI	X
		CeN	X
		CeA	X
<b>Espacio y agrupamiento</b>	<b>Recursos</b>	<b>Temporalización</b>	
Aula habitual del grupo. Se trabajará individualmente.	Papel y bolígrafo.	Trabajo individual: 60 min	
<b>Instrumentos de evaluación</b>			
- Prueba evaluación escrita			

#### 4.8. Recursos

De acuerdo con la *Ley orgánica 2/2006, de Educación* y el *Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en la siguiente **Tabla 15**, se enumeran los recursos adecuados a las diversas actividades propuestas.

**Tabla 15.** Recursos empleados en cada actividad de la presente unidad didáctica. Elaboración propia.

Actividad	Recursos
1, 2, 3, 6	PC con acceso a Internet en el aula. Libro digital Libro digital McGraw-Hill Education. Recursos web.
4, 5, 7	PC con acceso a Internet en el aula y proyector en el aula.
8	PC o móvil con acceso a Internet.
9	PC con acceso a Internet. Materiales: Agua desionizada, agua de grifo, agua con sal comuna, refrescos (vinagre), 4 muestras idénticas de cada metal (acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y cobre), vasos de plástico, balanza analítica.
10	PC con acceso a Internet. Materiales: 2 vasos de precipitados. 2 matraces aforados, barras metálicas de Cu y Zn, $\text{CuSO}_4$ y $\text{ZnSO}_4$ , espátula, balanza, cables, voltímetro, tubo en forma de U, papel de lija, disolución de $\text{CuSO}_4$ , disolución de $\text{ZnSO}_4$ .
11	PC con acceso a Internet. Materiales: Muestra metálica de acero a recubrir (usado como electrodo cátodo), cable de cobre (usado como electrodo ánodo), sulfato de cobre, agua desionizada, pila de 9 V, vaso de precipitados, cables, pinzas tipo cocodrilos, placa calefactora.

#### 4.9. Evaluación y calificación

De acuerdo con la *Ley orgánica 2/2006, de Educación* y el *Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, la evaluación debe ser tanto de los aprendizajes del alumnado como de los procesos de enseñanza y la práctica docente del profesor. La evaluación debe ser continua y formativa, permitiendo al alumnado autorregular su propio aprendizaje y al docente regular el proceso de enseñanza mediante el uso de metodologías y recursos adecuados al contexto. La evaluación del aprendizaje se realiza mediante el uso de diferentes instrumentos de evaluación para las diferentes actividades propuestas en la unidad didáctica, de las cuales es importante que el alumnado reciba un feedback para poder así autorregular regular su aprendizaje. En la siguiente **Tabla 16**, se muestra la relación de las técnicas e instrumentos utilizados para la evaluación de cada actividad de la presente unidad didáctica.

**Tabla 16.** Técnicas e instrumentos de evaluación empleados en cada actividad de la presente unidad didáctica. Elaboración propia.

Activ.	Técnicas e instrumentos de evaluación
1	Evaluación de diagnóstico. Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud).
2	Evaluación de diagnóstico. Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuestionario de conocimientos iniciales en cuaderno digital del alumno).
3	Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuaderno digital del alumno).
4	Evaluación del trabajo de investigación (blog en formato digital del alumno). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud).
5	Evaluación del trabajo de investigación (informe). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Prueba oral (exposición oral).
6	Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Revisión del trabajo de clase (cuaderno digital del alumno).
7	Evaluación del trabajo de investigación (informe). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud). Prueba oral (exposición oral).
8	Evaluación del trabajo de investigación (informe). Observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud).
9, 10, 11	Observación directa en el laboratorio (realización de la experiencia, control, participación y actitud). Revisión del trabajo en el laboratorio (informe de prácticas).
12	Prueba escrita de toda unidad didáctica (control).

A continuación, se describe detalladamente las técnicas e instrumentos de evaluación para cada tipo de actividad propuesta al alumnado:

- **Evaluación de diagnóstico (actividades 1, 2):** En las sesiones 1 y 2 de la unidad didáctica, a modo de diagnóstico inicial, se realizará la lectura de noticias y/o textos, y visionado de vídeos. Posteriormente, se propondrá un debate con cuestiones abiertas y lluvia de ideas que servirá para realizar una evaluación inicial. Se incluirá un cuestionario de repaso sobre algunos contenidos vistos en cursos anteriores para comprobar, el nivel de conocimientos y detectar posibles carencias.
- **Observación sistemática del trabajo de cada alumno (act. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8):** Se realizará un seguimiento del trabajo de cada alumno, incluyendo aspectos tales como su participación y actitud en las clases, respuestas a preguntas orales. Dicha labor de recogida de información será continua, y todos los datos deberán quedar recogidos en el cuaderno del profesor.
- **Revisión del trabajo de clase (act. 2, 3, 6):** la realización de las actividades

en el aula y en casa. Dicha labor de recogida de información será continua, y todos los datos deberán quedar recogidos en el cuaderno del profesor.

- **Trabajo de investigación (act. 4, 5, 7, 8):** Se valorarán diversos aspectos que incluyan la tarea de búsqueda y selección de la información relevante, el trabajo en grupo, la elaboración del correspondiente informe, y la exposición oral en clase de sus conclusiones.
- **Experiencias prácticas (act. 9, 10, 11):** Dicho apartado tiene dos partes.
  - **Observación directa en el laboratorio (act. 9, 10, 11):** La primera parte, consiste en la evaluación de la realización física del experimento en sí, para la cual se deben valorar aspectos tales como el desarrollo de habilidades manuales, trabajo en grupo, cuidado y respeto por la seguridad e higiene en el trabajo, cuidado y limpieza del material,...
  - **Revisión del trabajo en el laboratorio (act. 9, 10, 11):** La segunda parte, el alumno deberá elaborar y entregar un informe de prácticas individual dentro de un plazo previamente acordado, ajustándose a las pautas indicadas por el profesor. Se valorarán múltiples aspectos que abarcan desde una presentación correcta hasta el detalle de cada una de sus partes. En el caso de que se empleen simuladores para realizar las experiencias, obviamente no se podrá valorar la realización física del experimento, pero se requerirá al alumno que haga capturas de pantalla de diversos pasos a medida que lleven a cabo el experimento, las cuales se deberán incluir en el informe de prácticas.
- **Prueba escrita (act. 12):** Se refiere a una prueba objetiva relacionada con conceptos teóricos y prácticos, que no se limitan a conceptos específicos, que incluyen cuestiones de todo tipo como, por ejemplo, cuestiones prácticas sobre experimentos llevados a cabo en el laboratorio, cuestiones procedimentales, tales como la interpretación y representación gráficas o el tratamiento numérico de tablas de datos, o cuestiones conceptuales de comprensión y razonamiento, tales como preguntas de respuesta múltiple, el comentario y análisis de un texto científico,... También, evaluará conocimientos, estrategias y procedimientos adquiridos por el alumno, y se dará importancia a otros aspectos de las pruebas como son la presentación, la redacción coherente, concisa y clara, el empleo correcto de las magnitudes y unidades del S.I.,...

Para la evaluación de las actividades se usarán diversos instrumentos de evaluación, los cuales han sido mencionados en cada ficha de actividad. Con el fin de evaluar con la mayor rigurosidad, equidad e imparcialidad, se han elaborado

diversas rúbricas, correspondientes a la evaluación de la actitud, comportamiento y participación del trabajo de cada alumno en las actividades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (**ANEXO V**); la evaluación del trabajo en clase, de los informes de investigación y cuestionarios propuestos en las actividades 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (**ANEXO VI**); la evaluación de la presentación oral de las actividades 5 y 7 (**ANEXO VII**); la autoevaluación y coevaluación de los trabajos de investigación en las actividades 5 y 7 (**ANEXO VIII**); la evaluación de la observación directa del trabajo en el laboratorio en las actividades 9, 10 y 11 (**ANEXO IX**); y la evaluación del informe de prácticas de las actividades 9, 10 y 11 (**ANEXO X**).

De acuerdo con la *Ley orgánica 2/2006, de Educación* y el *Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en la **Tabla 17**, se muestra la relación entre los instrumentos de evaluación y los criterios de ponderación de las calificaciones para establecer la calificación global de la unidad didáctica.

**Tabla 17.** Ponderación parcial de los instrumentos de evaluación sobre la calificación global para la presente unidad didáctica. Elaboración propia.

Instrumentos de evaluación		Ponderación parcial sobre la calificación global (%)	
Observación sistemática del trabajo de cada alumno		-	10
Revisión del trabajo de clase		-	10
Trabajos de investigación	Informe	10	20
	Exposición oral	10	
Experiencias prácticas	Observación directa en el laboratorio	10	20
	Revisión del trabajo en el laboratorio	10	
Prueba escrita final		-	50

**Autoevaluación del proceso educativo y de la actividad docente:** Con el fin de ajustar el diseño de la programación educativa y los resultados obtenidos, se usarán los siguientes procedimientos:

- De forma periódica se controlará el desarrollo de la programación de la unidad didáctica en los diferentes grupos de cada nivel, para comprobar que se ajusta a la temporalización de la programación.
- Después de cada evaluación, se analizarán los resultados obtenidos por los alumnos para comprobar si difieren de lo que se puede considerar como normal. En el caso de una evaluación negativa, los profesores analizarán los motivos por si

hubiera algún defecto en la programación, tales como demasiados contenidos, nivel inadecuado, falta de conocimientos previos, conocimientos previos erróneos consolidados,...

- Después de la evaluación final, se volverán a analizar los resultados y se podrán proponer los cambios de programación que crean necesarios. Si estos son aprobados por el departamento, se incorporarán a la programación del siguiente curso.
- Paralelamente a los puntos anteriores, se realizarán encuestas para conocer la opinión y la valoración de los alumnos respecto a los diversos puntos de la programación implementados en cada unidad didáctica.
- Finalmente, el profesor realizará su autoevaluación mediante una escala de valoración (ANEXO XI).

#### **4.10. Medidas de atención a la diversidad**

En el grupo dónde se va a implementar la presente unidad didáctica es bastante homogéneo, ya que no tiene alumnos con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE) ni alumnos con elevadas capacidades intelectuales. Sin embargo, en la elaboración de la presente unidad didáctica se ha tenido en cuenta los *Ley orgánica 2/2006, de Educación* y los *Artículos 15 y 17 del Decreto 142/2008*, para la ordenación académica del Bachillerato, en los cuales los centros docentes deben desarrollar y complementar, el currículo y las medidas de atención a la diversidad establecidas por las Administraciones educativas, adaptándolas a las características del alumnado y a su realidad educativa con el fin de atender a todo el alumnado. Así, en la mayoría de las actividades de la presente propuesta es posible realizar una adaptación curricular. Para el alumnado con una capacidad intelectual elevada, identificada mediante una evaluación psicopedagógica en los términos que determine el Departamento de Educación, se prevén las medidas necesarias de adaptación de la respuesta educativa con el fin de favorecer el desarrollo de su potencialidad intelectual y creativa, y su socialización positiva. También se podrá flexibilizar su escolarización en los términos que determine la normativa vigente. En cambio, para el alumnado con trastornos o dificultades específicas de aprendizaje o que presente discapacidades, a fin de facilitarle el acceso al currículo, se preverán y facilitarán las ayudas técnicas necesarias, y se adaptarán los materiales de aprendizaje y el calendario, tanto de actividades de aprendizaje como de evaluación.

#### **4.11. Evaluación de la propuesta**

La evaluación de la presente propuesta se ha realizado mediante los criterios que debe cumplir un proyecto innovador que propone el documento “Decálogo de un proyecto innovador” (Fundación Telefónica, 2014), en el cual se presentan diferentes niveles de consecución: Nivel 1: ausencia; Nivel 2: bajo; Nivel 3: medio; y Nivel 4: alto. A continuación, se muestra la evaluación de la propuesta y su nivel de consecución para cada uno de los criterios.

**1. Experiencia de aprendizaje vital:** El alumnado experimenta un proceso de aprendizaje focalizado en las competencias para la vida con diversas actividades prácticas y una visita a un centro de investigación de Energía (IREC). No obstante, falta redondear con alguna experiencia más de campo, visita a una fábrica,... las cuales mejorarían la valoración de este criterio (nivel 3).

**2. Metodologías activas de aprendizaje:** Las metodologías de aprendizaje empleadas son activas basadas en la corriente constructivista, y tienen un carácter práctico y experiencial del alumno. Se trata de una formación en cierta manera autónoma y en grupo con el docente como facilitador del proceso. Por dicha razón, el nivel alcanzado en este criterio es alto (nivel 4).

**3. Aprendizaje más allá del aula:** El proceso de enseñanza-aprendizaje de la electroquímica con enfoque CTSA pretende conectar los fenómenos y situaciones cotidianos con los aprendizajes formales y curriculares. Se abordan algunas actividades formativas en las que se conectan los aprendizajes formales e informales, curriculares y extracurriculares, tanto en el aula como fuera de ella, tal como la visita a un centro de I+D+i para acercar al alumnado a la realidad del mundo científico-tecnológico. El hecho que la mayoría de actividades se realicen en el aula condiciona el nivel medio alcanzado en este criterio (nivel 3).

**4. Experiencia de aprendizaje colaborativo:** El proyecto fomenta situaciones para el aprendizaje colaborativo y cooperativo, desarrollo de dinámicas en equipo y gestión de tareas de forma colaborativa en casi todas las actividades. Así, se considera que en dicho criterio se ha adquirido un nivel alto (nivel 4).

**5. Aprendizaje C21:** La mayoría de las actividades propuestas en el proyecto fomentan las competencias necesarias para el siglo XXI, en especial la de “aprender

a aprender” como herramienta para el crecimiento personal para la vida. Por tanto, este criterio se valora en un nivel alto (nivel 4).

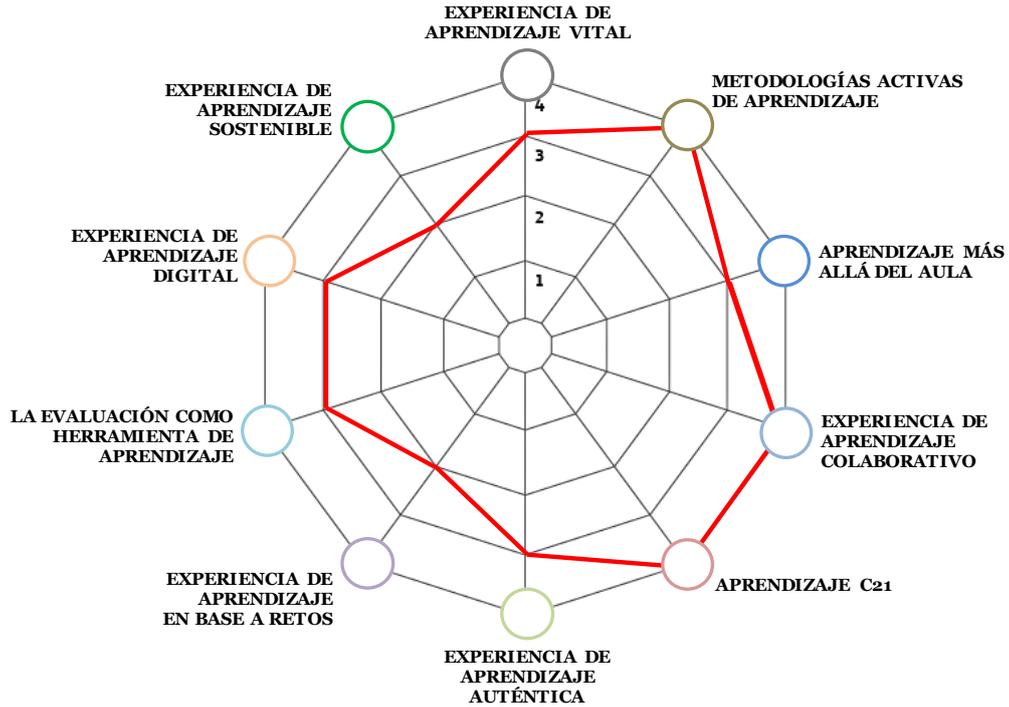
**6. Experiencia de aprendizaje auténtica:** Aunque el proyecto propone a los alumnos aprender con experiencias significativas y auténticas de su entorno físico y humano, estimulando así la competencia emocional, no se propone evaluar de una manera profunda dicha competencia. En consecuencia, la valoración del nivel alcanzado en este criterio es medio (nivel 3).

**7. Experiencia de aprendizaje en base a retos:** Se plantean algunas actividades formativas basadas en la metodología del aprendizaje basado en la resolución de problemas. Sin embargo, la metodología fundamental no se focaliza en la resolución y la realización de actividades creativas, divergentes y abiertas. Por tanto, este criterio se valora en un nivel bajo (nivel 2).

**8. La evaluación como herramienta de aprendizaje:** Se realizan actividades con autoevaluación de los aprendizajes, así como coevaluación y heteroevaluación, mediante cuestionarios y el uso de TICs. En la evaluación se utiliza una amplia diversidad de instrumentos de evaluación que incluyen además de las típicas pruebas escritas y orales, controles,... otras como las escalas de valoración y las rúbricas. Se considera que en dicho criterio se ha adquirido un nivel alto (nivel 3).

**9. Experiencia de aprendizaje digital:** En las actividades se realiza un uso significativo y oportuno de diversas herramientas digitales para elaborar, compartir, comunicar, evaluar,... El hecho de que se haga un uso importante de las herramientas digitales, pero las actividades no estén enfocadas a la creación de productos originales para la expresión personal o grupal hace que la valoración del presente criterio sea de un nivel medio (nivel 3).

**10. Experiencia de aprendizaje sostenible:** El proyecto carece de un plan y unos procedimientos para su crecimiento, sostenibilidad y replicabilidad. Sin embargo, se han diseñado una serie procedimientos, mediante rúbricas, para identificar los logros, las mejores prácticas y conocimientos generados. Así, el nivel alcanzado en este criterio se considera bajo (nivel 2).



**Figura 4.** Diana de evaluación de la propuesta de intervención. Elaboración propia.

El resultado del análisis se presenta gráficamente en la diana de evaluación de la **Figura 4**. Se concluye que la presente propuesta de intervención presenta un buen nivel de consecución en la mayoría de criterios correspondientes a un proyecto innovador. No obstante, se deben mejorar especialmente aquellos apartados en los que el nivel se considera bajo tales como la experiencia de aprendizaje sostenible, y la experiencia de aprendizaje en base a retos.

## 5. CONCLUSIONES

En la presente propuesta de intervención educativa se ha partido de la necesidad de acercar la electroquímica, al alumnado de 2º de Bachillerato, mediante el uso de actividades con situaciones cotidianas y enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA). Para ello se ha realizado un análisis del marco teórico con el fin de diseñar una propuesta de intervención fundamentada en la literatura reportada por numerosos autores de referencia, cuyos estudios se han enfocado desde diferentes perspectivas de enfoque CTSA para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de la electroquímica.

Dado que la presente propuesta no se ha puesto en práctica, no se disponen de los resultados de la evaluación de la misma y, por tanto, no se tiene constancia de la mejora que puede implicar el uso de las actividades elaboradas con situaciones cotidianas y enfoque CTSA en el proceso enseñanza-aprendizaje. Por dicho motivo, este apartado se focalizará en las conclusiones obtenidas de la reflexión realizada a partir de la literatura consultada y de la elaboración de las actividades de electroquímica con enfoque CTSA en la unidad didáctica diseñada en este trabajo.

En primer lugar, se concluye que la educación basada en la relación CTSA facilita la alfabetización científica y tecnológica a través del estudio de las ciencias mediante interrelaciones entre los desarrollos científico y tecnológico, y los procesos sociales y ambientales. El enfoque CTSA como cambio de paradigma en la educación de ciencias, y de la electroquímica en particular, ayuda a adaptar la educación a las necesidades que nos lleva la sociedad con permanentes cambios sociales, tecnológicos, económicos y ambientales, así como para proporcionar a los estudiantes las bases intelectuales para una ciudadanía responsable. Ello es especialmente interesante en el diseño de la programación de la unidad didáctica de electroquímica de 2º de bachillerato, ya que permite que los estudiantes tomen conciencia de la importancia de los efectos de las aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación y reducción tales como las baterías eléctricas, prevención de la corrosión de los metales, pilas de combustible,..., en sus vidas y su entorno.

Las formas de integrar el proyecto CTSA en el aula son muy diversas, debido a su naturaleza y carácter transversal. Sin embargo, la integración del enfoque CTSA en el aula se suele ordenar atendiendo a la relevancia que adquiere la misma en el curso, es decir, mediante la incorporación puntual de algunos contenidos con enfoque CTSA, la incorporación organizada y secuenciada del enfoque CTSA en un curso, o la incorporación del CTSA puro. En la presente propuesta, se ha optado por

una fuerte incorporación organizada y secuenciada en la mayoría de actividades.

Desde el punto de vista de contenidos con enfoque CTSA para que el proceso de enseñanza-aprendizaje resulte productivo, la clave está en proporcionar un temario con buenas interacciones CTSA para una materia concreta. Algunos expertos han reportado unas metodologías acompañadas de una serie de estrategias, las cuales facilitan que las conexiones CTSA surgidas sean útiles. Así, en algunas actividades de la propuesta se ha incluido la interacción de conceptos como tecnología, medio ambiente, empresa, legislación, seguridad,..., en el contexto de la electroquímica, los cuales aumentan la conciencia de su importancia en una amplia variedad de situaciones personales y están relacionadas con el trabajo. De esta manera, se logra que los estudiantes desarrollen competencias que se vinculan y mejoran lo que aprenden en otras temáticas y materias específicas. Por tanto, resaltar qué en la mayoría de las actividades propuestas en el proyecto, se fomentan las competencias necesarias para el siglo XXI, en especial la de “aprender a aprender” como herramienta para el crecimiento personal para la vida.

Aunque no hay un amplio consenso en las fases a seguir en la enseñanza con enfoque CTSA, resulta recomendable, y así se ha intentado realizar en las actividades propuestas en este trabajo, dividirlo en las siguientes fases: invitación (contextualización), exploración (recopilación y análisis de la información científica), propuesta de argumentos y soluciones (formulación de hipótesis y propuesta de soluciones), y tomando acción (síntesis y aplicación). De esta manera, se facilita que el alumnado acoja con agrado y orden estructural el currículo con enfoque CTSA.

Existe una serie de dificultades en la implementación de la educación CTSA asociadas al rol del profesor. Por ello se debe considerar la capacitación y la preparación psicológica de la fuerza docente. La falta de familiaridad de los profesores con los modelos y enfoques de la enseñanza requeridos puede obstaculizar la introducción, consolidación y éxito de la educación CTSA en los centros educativos. Por consiguiente, es esencial tener en cuenta las creencias y prácticas de los profesores de ciencias, así como los factores que influyen en sus creencias y prácticas para que puedan ser tratados. Así, los profesores deberían reunir una serie de características tales como una personalidad proactiva, con interés de aprender para mejorar la materia que se imparte, alta flexibilidad con su propia programación para generar conexiones originales que sean de gran utilidad en el enfoque CTSA, proporcionar un clima acogedor y estimulante en el aula,... Aunque dichas variables sobrepasan del control y alcance de la presente propuesta de

intervención, hay que tenerlas en cuenta en el momento de su implementación como un factor que puede ser decisivo en la consecución del éxito de la misma.

Con el objetivo de promover la motivación y evitar la monotonía del alumnado en el aula, se ha propuesto la enseñanza-aprendizaje de una parte relevante del temario mediante actividades con enfoque CTSA del tipo: elaboración de proyectos de investigación en pequeños grupos de alumnos con aprendizaje cooperativo, prácticas experimentales en el laboratorio, experiencias con simuladores o aplicaciones virtuales interactivas, las cuales se han complementado con una visita a un centro de investigación y desarrollo del ámbito de la energía.

En las actividades elaboradas, se hace un uso significativo del aprendizaje cooperativo, puesto que es interesante y necesario potenciar la capacidad de trabajar en equipo del alumnado, competencia especialmente relevante en su futuro entorno laboral. Además, el enfoque CTSA ofrece muchas oportunidades para que los estudiantes trabajen en diferentes entornos de equipo, sea formal e informalmente. Los estudiantes a menudo están motivados a través de su participación con otros miembros de un equipo, y pueden desarrollar un mayor compromiso con su aprendizaje.

Finalmente, la valoración del logro de los objetivos específicos planteados en el presente trabajo es positiva, ya que se ha conseguido realizar una amplia revisión bibliográfica sobre el desarrollo del temario de electroquímica con situaciones cotidianas y enfoque CTSA. Dicho marco teórico ha sido muy útil para el diseño de las actividades relacionadas con la vida cotidiana del alumnado en el contexto de la electroquímica, así como las estrategias de enseñanza-aprendizaje usadas en el enfoque CTSA.

## 6. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

Durante la realización de la presente propuesta de Trabajo de Fin de Máster, el autor se ha encontrado con una amplia literatura sobre el enfoque CTSA en la enseñanza-aprendizaje de ciencias para la educación secundaria, lo cual ha sido muy enriquecedor para el trabajo globalmente. Sin embargo, dicha amplia literatura, así como las múltiples variantes en las que se investiga y se implementa el enfoque CTSA, ha supuesto una dificultad añadida para la organización de la estructura del marco teórico, y su posterior puesta en práctica. Así, el enfoque CTSA como cambio de paradigma en la educación científica se suele abordar desde diversas perspectivas tales como los contenidos, las formas de estructurar dicho enfoque como proyecto, las conexiones CTSA a contemplar, fases de implementación, metodologías y estrategias en su aplicación,...., las cuales son complementarias entre sí. Por dicha razón, la organización de los apartados del Marco Teórico ha jugado un papel crucial para conseguir un buen sentido y orden secuencial en la presentación de los componentes que debe acompañar a una enseñanza con enfoque CTSA.

En referencia a la prospectiva de la presente propuesta didáctica con enfoque CTSA, se prevén algunas dificultades y limitaciones en el logro de impartir todos los contenidos marcados por la legislación correspondiente al área de la electroquímica y las reacciones redox para 2º de bachillerato. Dicha dificultad añadida se debe al incremento de sesiones necesarias, tanto para completar las actividades propuestas como al uso de metodologías activas. Así, las actividades con fuerte enfoque CTSA requieren de una mayor dedicación temporal que las actividades tradicionales de resolución de problemas y ejercicios. Igualmente, el intenso uso de metodologías didácticas como la enseñanza por descubrimiento y el aprendizaje cooperativo resulta en un aprendizaje más significativo por parte del alumnado que las metodologías más convencionales como la magistral y la expositiva, pero también requiere de un mayor tiempo y número de sesiones por parte del alumnado. Por las razones comentadas, en el presente trabajo de intervención se ha intentado combinar metodologías activas con otras más receptoras como la expositiva y actividades de mucha dedicación y otras de menor carga CTSA con el fin de compensar y equilibrar lo que supondría impartir una unidad didáctica con un enfoque CTSA puro.

Otra limitación e inconveniente que puede darse en la presente propuesta con enfoque CTSA son las características del perfil de profesor que debe reunir para impartir dicha docencia con garantías de éxito. El profesor debería presentar una personalidad proactiva, que tenga un interés de aprender para mejorar la materia

que imparte; formarse, actualizarse e innovar en las metodologías, recursos y conocimientos que debe implementar en la unidad didáctica; estar predispuesto a una alta flexibilidad con su propia programación para generar conexiones originales que sean de gran utilidad en el enfoque CTSA. Ello obliga a que dicho docente presente una alta dedicación en la planificación de la enseñanza, flexibilidad en la gestión del tiempo y espacio dedicado a cada actividad. Por otra parte, también debe tenerse en cuenta la capacidad del docente para integrar la filosofía y la coherencia con las creencias del profesorado, las cuales influyen en sus percepciones que pueden acabar afectando a su comportamiento en el aula. Así, las creencias negativas con respecto a la implementación de CTSA y el aprendizaje de la investigación podrían perjudicar la puesta en práctica del enfoque CTSA como solución a los problemas de aprendizaje de la electroquímica.

Finalmente, la implementación de este Trabajo Final de Máster permitiría evaluar su viabilidad y el grado de consecución de los objetivos que se pretendían alcanzar. Probablemente, ello haría visible algunas disfunciones y defectos de la propuesta, lo cual favorecería la incorporación de mejoras en su implementación según el contexto y entorno de aplicación, y la posibilidad de extenderlo a otras unidades didácticas tanto de 2º de bachillerato como en cursos de nivel inferior.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acar, B. & 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.
- Acevedo, P. & Acevedo, J.A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1), 5-18.
- Agin, M. L. (1974). Educational for Scientific Literacy: A conceptual frame of reference and some applications. *Science Education*, 58, 403-415.
- Aikenhead, G. (1984). Teacher decision making: the case of Prairie high. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 167-186.
- Aikenhead, G.S. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), STS education: International perspectives on reform, 47-59. New York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (2000). STS in Canada: From policy to student evaluation. In D.D. Kumar & D.E. Chubin (Eds.), *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice* (pp.49-89). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers
- Allsop & George (1982). Redox in Nuffield advanced chemistry. *Education in Chemistry*, 19, 57-59.
- Arán-Ais, R. M., Busó-Rogero, C., Chumillas, S., Climent, V., Herrero, E., Aldaz, A., Feliu, J.M. (2013). Un nuevo enfoque didáctico para acercar la Electroquímica al alumnado a través de experiencias cotidiana. Repositorio del Instituto Universitario de Electroquímica Universidad de Alicante. ISBN: 978-84-695-8104-9.
- ASE (1981). Education through Science. *ASE: Hatfield*.
- Atienza Escarda, M. (2017). La enseñanza de la química en educación secundaria y bachillerato a través de experiencias prácticas de electroquímica. Trabajo Final de Máster. Universidad de Valladolid.
- Autieri, S. M., Amirshokoohi, A. & Kazempour, M. (2016). The science-technology-society framework for achieving scientific literacy: an overview of the existing literature. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 75- 89.
- Ayas, A & Demirbas A. (1997). Turkish Secondary Students' Conception of Introductory Chemistry Concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(5), 518-521.
- Barnes, B. (1985). About science. *Oxford: Basil Blackwell*.
- Barnes, D. (1973). Language in the classroom. *London: Open University Press, Milton Keynes*.
- Bell, B., & Gillbert, J. (1996). Teacher development: A model from science education. *London: Falmer Press*.
- Bolancé-García, J., Cuadrado-Muñoz, F., Ruiz-Suárez, J.R. y Sánchez-Velasco, F. (2013). La autoevaluación de la práctica docente como herramienta para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje del alumnado. *Avances en Supervisión Educativa*, 18, 1-16.
- Butts, B. & Smith, R. (1987). What do students perceive as difficult in H.S.C. chemistry?

- Australian Science Teachers' Journal*, 32(4), 45-51.
- Bybee, R. (1993). Reforming science education: Social perspectives and personal reflections. *New York: Teachers College Press.*
- Bybee, R. W. (1987). Science education and Science-Technology-Society (S-T-S) theme. *Science Education*, 71 (5), 667-683.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and Knowledge. In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology*, (pp. 708-725). *New York: Macmillan.*
- Camacho, J. (2011). La historia de la teoría electroquímica y su contribución a la promoción de la explicación científica en la química escolar. *Revista Científica / ISSN 0124 2253*, 8-20.
- Carroll, T. M. (1999). Developing partnerships: teacher beliefs and practices and the STS classroom. Proceedings of the 1999 Annual international conference of the association for the Education Teachers in Science (pp.331-338). *Greenville, NC: Association for the Education of Teachers in Science.* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 431626).
- Chirpich, T. (1975). Electrochemistry in Organisms: Electrochemistry in Organisms. *Journal of Chemical Education*, 52, 99-100.
- Dass, P. M. (2005). Using a Science/Technology/Society Approach To Prepare Reform-Oriented Science Teachers: The Case of a Secondary Science Methods Course. *Issues in Teacher Education*, 14(1) 95-108.
- Decreto 142/2008, de 15 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Catalunya (DOGC núm. 5183, de 29.7.2008).
- Del Río, P. & Álvarez, A. (1992). Tres pies al gato: significado, sentido y cultura cotidiana en la educación. *En Infancia y Aprendizaje*, 59-60, 43-61.
- Delgado Pérez, A. (2017). Enseñanza de la Electroquímica mediante Aprendizaje Basado en Problemas en Bachillerato. Universidad Internacional de La Rioja Facultad de Educación. Trabajo fin de máster.
- Dimopoulos, K., & Koulaidis, V. (2003). Science and technology education for citizenship: the potential role of the press. *Science Education*, 87 (2), 241-256.
- Dorsah, P. & Acquaye, D. O. (2018). Effect Of Conceptual Change Texts On Senior High School Students' Cognitive Achievement In Electrochemistry. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies*, 5(4) 143-148.
- Doymus, K., Karacop, A. & Simsek, U. (2010). Effects of Jigsaw and Animation Techniques on Students' understanding of Concepts and Subjects in Electrochemistry. *Educational Technology Research and Development*, 58(6), 671-691.
- Duggan, S. & Gott, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24 (7), 661-679.
- Eijkelhof, H., & Lijnse, P. (1988). The role of research and development to improve STS education: experiences. *International Journal of Science Education*, 10 (4), 464-474.
- Ernest, P. (1994). An introduction to research methodology and paradigms. *Educational*

*Research Monograph Series, School of Education, University of Exeter.*

- Fang, Z. (1996). A review of research on teacher beliefs and practices. *Educational Research, 38*(1), 47-64.
- Fensham, P. J. (1988). Approaches to teaching of STS in science education. *International journal of science education, 10* (4), 346-356.
- Fernández, J., González González, B. M. & Moreno Jiménez, T. (2003). Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique, 35*, 82-89.
- Finley, F. N., Stewart, J. & Yaroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education, 66*(4), 531-538.
- Fundación Telefónica (2014). Observatorio. Innovación para la inclusión (2014). *Decálogo de un proyecto innovador: guía práctica Fundación Telefónica*. Recuperado de <http://innovacioneducativa.fundaciontelefonica.com/blog/2014/09/12/decalogo-de-un-proyecto-innovador-guia-practica-fundacion-telefonica/> (última consulta 27/04/2019).
- Garnett, P. J. & Treagust, D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction reactions. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(2), 121-142.
- Garnett, P. J. & Treagust, D. F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(10), 1079-1099.
- Gil-Perez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A., Torregrosa, J., Salinas, J., Valdes, P., Dumas-Carre, A., Tricarico, H., & Gallego, R. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education 11*, 557-571.
- Glynn, S. M. (2007). Methods and strategies: The Teaching-with-Analogies Model. *Science and Children, 44*(8), 52-55.
- Glynn, S. M. & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching. 35*(10), 1129-1149.
- Gómez Salgado, B. & Lavín Puente C. (2016). Enseñanza-aprendizaje de la electroquímica con analogías: una experiencia en el aula. *Revista pedagógica, 29*, 189-206.
- Gómez, M. A. & Pozo, J. L. (2009). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Ediciones Morata.
- Guide to Career & Technology Studies (1998). *Manual for Administrators, Counsellors and Teachers. Appendix 4: Strategies for Instruction in CTS*. Alberta Education, Alberta, Canada.
- Guide to Career & Technology Studies (2013). *Programs of Study and Resources Sector Citizenship and Career Pathways*. Alberta Education, Alberta, Canada.
- Hart, E. P., & Robottom, I. M. (1990). The Science-technology-society movement in science education: A critique of the reform process. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(6), 575-588.
- Heath, P.A. (1992). Organizing for STS teaching and learning: the doing of STS. *Theory into Practice, Volume xxxi, 1, winter*, 52-58.

- Heredia-Avalos, S. (2007). Experiencias Divertidas De Electroquímica Casera. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 506-525.
- Hodson, D. (1992). In Search of a Meaningful Relationship: An Exploration of Some Issues Relating to Integration in Science and Science Education, *International Journal of Science Education*. 14(5), 541-566.
- Hofstein, A., Aikenhead, G. S., & Riquarts, K. (1988). Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *International journal of Science Education*, 10(4), 357-366.
- Huddle, P. A., White, M. D. & Rogers, F. (2000). Using A Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 104-110.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: new minds for changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.
- Jegede, O. J. (1988). The development of the science, technology and society curricula in Nigeria. *International journal of science education*, 10(4), 399-408.
- Jenkins, E. W. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21(7), 703-710.
- Jiménez, M. R., Sánchez M. A. & de Manuel, E. (2001). Aprender química de la vida cotidiana más allá de lo anecdótico. *Alambique*, 28.
- Jiménez, M. R., Sánchez M. A. & de Manuel, E. (2003). Química cotidiana: ¿amenizar, sorprender, introducir o educar? En Pinto, G. (Ed). *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, 15-23.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Kahl, S., & Harms, N. (1981). Project synthesis: Purpose, organization and procedures. In Harms, N., & Yager, R. (Eds.), *What research says to the science teacher*, 3, 5-11.
- Kolstoe, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85 (3), 291-310.
- Lin, H.-S., Yang, T. C., Chiu, H.-L. & Chou, C.-Y. (2002). Students' Difficulties in Learning Electrochemistry. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China (D)*, 12(3), 100-105.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín oficial del estado, 106, de 4 de mayo de 2006.
- Longbottom, J., & Butler, P. (1999). Why teach science? Setting rational goals for science education. *Science Education*, 83(4), 473-492.
- Mansour, N. (2007). Challenges to STS education: Implications for Science Teacher Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 27(6), 482-497.
- Mansour, N. (2007a). Exploring Science teachers' orientations towards teaching and learning of science. A paper presented to the European Educational Research Association (EERA) annual conference at Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Ghent, Belgium (Ghent), 17th to 21st September.
- Marshall, H. H. (1992). Reconceptualizing learning for restructured schools. *Annual meeting of American Educational Research Association*, San Francisco, C.A.

- Martínez Delgado, J. E. (2013). Propuesta metodológica para mejorar el aprendizaje del tema de electroquímica en estudiantes de 10 grado de la institución educativa cañaveral a través del estudio de sus ideas previas. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.
- Matthews, M. R. (1997). Introductory comments on philosophy and constructivism in science education. *Science & technology*, 6, 5-14.
- Matthews, M. R. (2002). constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2), 121-134.
- Matute, S., Pérez, L. & Di'Bacco Vera, L. (2009). Estudio comparativo de la resolución de problemas en el rendimiento estudiantil en el contenido de Electroquímica. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"* 9(1), 1-17.
- May, M. & Gupta, V. (1997). Electrochemistry "Discovery" Course for Undergraduates. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 824-829.
- Medir, M., El Boudamoussi, S. Y & Abelló, M. (2000). El proyecto APQUA: Nuestra experiencia de doce años de docencia. En I.P. Martins (Coord.): O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência Tecnologia Sociedade no ensino-aprendizagem das ciências experimentais, 85-98. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Moreno, M. (1994). Problemática científica y problemática social en la enseñanza. *En Aula de innovación educativa*, 27, 9-12.
- Munby, H. A. (1984). A qualitative approach to the study of a teacher's beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(1), 27-38.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Chemical Education*, 69(3), 191-196.
- Newbrough, J.R. (1995). Toward community: a third position. *American Journal of Community Psychology*, 23, 9-7.
- Noss, R., & Hoyles, C. (1996). Windows on mathematical meaning. *Dordrecht: Kluwer Academic Publishers*.
- NSTA (1993). Science/Technology/Society: A new effort for providing appropriate science for all. In R. Yager (Ed.), What research says to science teacher: the science, Technology & Society Movement (3-5). Washington DC, National Science Teachers Association. Vol. 7, 3-6.
- Ogude, A. N. & Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 29-34.
- Ogude, A. N. & Bradley, J. D. (1996). Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells: Precollege and College Student Interpretation. *Journal of Chemical Education*, 73(12), 1145
- Orgill, M. & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Ost, D. H., & Yager, R. E. (1993). Biology, STS & the next steps in program design & curriculum development. *American Biology Teacher*, 55(5), 282-287.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and education research: Cleaning up a messy

- construct. *Review of Education Research*, 62, 307-332.
- Pérez Lemus, N. (2016). Teoría redox mediante Aprendizaje Basado en Problemas. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Máster.
- Pinto, G. (2003). Didáctica de la Química y vida cotidiana. Madrid: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Pintor Alfonso, J. A. (2015). Estrategia para la enseñanza experimental interdisciplinaria de la electroquímica a estudiantes de ciclo 5. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.
- Price, R. F., & Cross, R. T. (1995). Conceptions of science and technology clarified: improving the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 17(3), 285-293.
- Ramsey, F. P. (1993). The foundation of mathematics, and other logical essays. London: Routledge.
- Ramsey, J., & Hungerford, H. (1989). The effects of issue investigation and action training on eighth-grade students' environmental behavior. *The Journal of Environmental Education*, 24 (3), 31-36.
- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, núm. 266, de 06/11/2007.
- Rodrigo, M. J. (1993). Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. Madrid. Visor.
- Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Education*, 31(2), 197-223.
- Rubba, P. A. (1991). Integrating STS into school science and teacher education: Beyond awareness. *Theory into Practice*, 30, 303-308.
- Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (1997). Students' Misconceptions in Electro-chemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 819-823.
- Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (2000). Addressing Student Misconceptions Concerning Electron Flow in Aqueous Solutions with Instruction Including Computer Animations and Conceptual Change Strategies. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 521-537.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas, 239-266. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds.). Didáctica de las Ciencias Experimentales. Alcoy: Editorial Marfil.
- Schmidt, H.-J., Marohn, A. & Harrison, A. G. (2007). Actors that prevent learning in electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 258-283.
- Scott, P. (1987). A constructivist view of learning and teaching in science. Leeds, England, UK: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Sheeban, M. & Childs, P. E. (2008). What is Difficult about Chemistry? An Irish Perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 204-218
- Talib, O., Matthews, R. & Secombe, M. (2005). Computer-Animated Instruction And Students' Conceptual Change in Electrochemistry: Preliminary Qualitative Analysis.

- International Education Journal*, 5(5), 29-42.
- Thirumarayana, M. O. (1998). An explanatory study of the relationships among science, technology, and society (STS) issues as conceived by fifth grade students. *Journal of Elementary Science Education*, 10(1), 60-75.
- Trumbull, D., & Slack, M. J. (1991). Learning to ask, listen, and analyze: using structured interviewing assignments to develop reflection in pre-service science teachers. *International Journal of Science Education*, 13(2), 129–142.
- Tsai, C. (2002). Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.
- Valencia, R., Hurtado, J. & Benavides, J. (2013). Construcción sobre los modelos de la electroquímica y su enseñanza. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 3595-3600.
- Vera, M., Montiel, G., Stoppello, M. & Giménez, L. (2011). Aprendiendo electroquímica. Un estudio comparativo. *Avances en ciencias e ingeniería*, 2(2), 131-139.
- Waks, L. J. (1987). A technology credo. *Bulletin of Science, technology & Society*, 7(1-2), 357-366.
- Watts, M. (1994). Constructivism, re-constructivism and task-orientated problem-solving. In P. Fensham, R. Gunstone, & R. White (Eds.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (pp. 39-58). London: The Falmer Press.
- Wiesenmayer, R., & Rubba, P. (1999). The effects of STS issue investigation and action instruction versus traditional life science instruction on seventh grade students' citizenship behaviors. *Journal of Science Education and Technology*, 8(2), 137-144.
- Wraga, W. G., & Hlebowitsh, P. S. (1991). STS education and the curriculum field. *School Science and Mathematics*, 91(2), 54-59.
- Yager, R. E. (1990). STS: Thinking over the years. *The science teacher*, 57(3), 52-55.
- Yager, R. E. (1993). Science - Technology – Society as Reform. *School Science and Mathematics*, 93 (3), 145-151.
- Yager, R. E. (1996). *Science/Technology/Society as reform in science education*. Albany: State University of New York Press.
- Yang, E. M., Andre, T. & Greenbowe, T. (2003). Spatial Ability and The Impact of Visualization/Animation on Learning Electrochemistry. *Journal of Science Education*, 25(3), 329-349.
- Yilmaz, A. & Bayrakçeken, S. (2015). Determining of the prospective teachers' understandings of electrochemistry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 174, 2831-2838.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and learning about Science and Society*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1994). The rationale of STS education is in the approach. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.). *STS education: international perspectives on reform*. (pp.21-31). London: Teachers College Press.

## **8. ANEXOS**

### **8.1. ANEXO I: Introducción y cuestiones planteadas para la actividad 7**

#### **Introducción:**

De todos los cambios químicos, las reacciones electroquímicas con transferencia de electrones son las más comunes tanto en los sistemas vivos como en los no vivos. La fotosíntesis, la respiración celular, y el metabolismo son todos procesos electroquímicos que tienen lugar en los seres vivos. Tecnologías que involucran la electroquímica, tales como la combustión y la producción de metales a partir de sus minerales, se han utilizado por el hombre desde hace miles de años. En el desarrollo de estas aplicaciones, la tecnología se desarrolló con éxito mucho antes de que existiera un entendimiento científico de estos procesos. En otras palabras, la tecnología condujo a la ciencia. Sin embargo, más recientemente, la electroquímica moderna ha comprendido muchos fenómenos que han llevado a la invención de nuevas tecnologías como las celdas de combustible o los biosensores. Hoy en día, la ciencia y la tecnología se nutren mutuamente en una relación simbiótica. El conocimiento de la electroquímica ayudará a conectarse y aclarar muchas reacciones aparentemente no relacionadas, y entender las interacciones de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, el papel de los libros se produce a partir de árboles que utilizan reacciones de fotosíntesis para crecer. La cosecha de árboles requiere maquinaria fabricada de acero, que se produce por la reducción electroquímica de minerales de hierro. La energía utilizada para hacer funcionar las máquinas en una planta de celulosa proviene de la combustión de combustibles fósiles. Las reacciones electroquímicas juegan un papel relevante en la producción de papel a partir de pulpa de madera. Las fotografías utilizadas en los libros pueden implicar la reducción de los iones de plata al metal para formar una imagen negativa, que se imprime, utilizando placas metálicas realizadas mediante reacciones electroquímicas. Todas las personas involucradas, desde aquellos que cosechan los árboles a los que leen el libro, metabolizan los alimentos para vivir. Una comprensión completa de la electroquímica da una visión más amplia de muchas reacciones químicas y su importancia en los sistemas vivos y no vivos.

#### **Introducción y cuestiones planteadas para la temática de la madera:**

Para la producción de pasta de madera, se usan una amplia variedad de métodos, los cuales se clasifican en procesos mecánicos y químicos. Estos tienen ventajas y desventajas que han sido ampliamente debatidos. Prepara un argumento

a favor y otro en contra de la siguiente declaración: “El valor económico inmediato del uso de la tecnología para producir un producto supera con creces cualquier posible efecto adverso futuro”. La respuesta también debe incluir los siguientes puntos:

- Presentar información sobre los procesos mecánicos y procesos químicos.
- Una evaluación de estos procesos desde el punto de vista tecnológico.
- Referencia a la química redox.
- Perspectivas económicas y ecológicas.
- ¿Cuáles son las consecuencias no deseadas de usar cloro para blanquear la pulpa de madera?
- Elabora una lista de algunos procesos que fueron desarrollados para reducir los problemas creados por blanquear la pulpa de madera con cloro.
- Describir las perspectivas que deben ser consideradas al seleccionar el producto químico para reemplazar el cloro elemental en el proceso de blanqueo.
- La alternativa más común al uso de elemental es el cloro, como agente blanqueante, es el dióxido de cloro (gas). Además de tener un impacto ambiental menos negativo, el dióxido de cloro tiene una mayor capacidad oxidante. Asumiendo que el cloro y el dióxido de cloro se convierten en iones de cloruro, use los números de oxidación para mostrar la mayor capacidad oxidante del dióxido de cloro.

### **Introducción y cuestiones planteadas para la temática del vanadio:**

El vanadio es un elemento muy versátil en términos de su reactividad redox, por la capacidad que tiene para estar en diferentes estados de oxidación. El vanadio metal reacciona con el flúor para formarse  $\text{VF}_5$ , con cloro para formar  $\text{VCl}_4$ , con bromo para formar  $\text{VBr}_3$ , con yodo para formar  $\text{VI}_2$ , con oxígeno para formar  $\text{V}_2\text{O}_5$ , y con ácido clorhídrico para formar  $\text{VCl}_2$ . Cuestiones:

- Identifica los estados de oxidación del vanadio en cada uno de estos compuestos.
- ¿Qué interpretación se puede hacer sobre la oxidación sobre el poder de los químicos que reaccionan con el vanadio metálico?
- Describe cómo se relaciona el estado de oxidación del vanadio con los colores de los compuestos formados.
- Describe brevemente algunas aplicaciones tecnológicas del vanadio y sus compuestos.

### **Introducción y cuestiones planteadas para la temática de la metalurgia:**

La metalurgia es la ciencia y tecnología de la extracción metales de sus compuestos de origen natural y la adaptación de estos metales para un fin útil. Para algunos metales, desde hace miles y/o centenares de años se usa la pirometalurgia, proceso que consiste en el tratamiento térmico, a altas temperaturas, de minerales, y concentrados de minerales metalúrgicos para lograr transformaciones físicas y químicas en los materiales para permitir la recuperación de metales valiosos. Para otros metales, se han desarrollado procedimientos más complejos, y más recientemente, como la hidrometalurgia, proceso de extracción de metales o sus compuestos de minerales utilizando soluciones acuosas, o la electrometalurgia, proceso de reciclaje bajo fusión en hornos eléctricos y aditivos. Cuestiones:

- Define cada uno de estos tipos de metalurgia poniendo un ejemplo de cada uno, es decir, selecciona un metal que se obtenga mediante cada uno de dichos procesos.
- Para cada proceso, escribe las ecuaciones de semireacción de oxidación y/o reducción, e identifica las especies oxidante y reductora.
- Establece las ventajas e inconvenientes de cada proceso desde un punto de vista socio-económico y de impacto medioambiental.
- Enumera algunas aplicaciones del metal seleccionado obtenido mediante los procesos de metalurgia extractiva.

### **Introducción y cuestiones planteadas para la temática del ciclo del nitrógeno:**

El ciclo del nitrógeno es el ciclo biogeoquímico mediante el cual el nitrógeno se convierte en múltiples formas químicas a medida que circula entre los ecosistemas atmosféricos, terrestres y marinos. La conversión de nitrógeno puede llevarse a cabo a través de procesos biológicos y físicos, los cuales incluyen la fijación, amonificación, nitrificación y desnitrificación. Cuestiones:

- Describe el químico reacciones en el ciclo del nitrógeno.
- Define los términos fijación de nitrógeno, amonificación, nitrificación, y desnitrificación.
- Resumen los principales cambios de nitrógeno, especies y sus números de oxidación en el ciclo del nitrógeno.
- Enumera algunos ejemplos de las ecuaciones de semireacción de oxidación y/o reducción.
- Describe algunos impactos ambientales positivos y negativos de los procesos en el ciclo del nitrógeno.

## **Introducción y cuestiones planteadas para la temática de los biosensores:**

Un biosensor es un dispositivo analítico, usado para la detección de una sustancia química, que combina un componente biológico con un detector físico-químico. El elemento biológico sensible, por ejemplo, anticuerpos, enzimas, microorganismos, orgánulos, receptores celulares, tejido,,..., es un material biológicamente derivado o componente biomimético que interactúa, se une o reconoce con el analito en estudio. Cuestiones:

- Describe los principales componentes de los biosensores y explica su función.
- Explica el funcionamiento de un biosensor de alcohol (etanol), usado para determinar la tasa de alcoholemia en los test de tráfico. Indica las ecuaciones de semireacción de oxidación y/o reducción.
- Explica el funcionamiento de un biosensor de glucosa, usado en los test de glucosa en sangre cotidianos, empleados por personas con diabetes. Indica las ecuaciones de semireacción de oxidación y/o reducción.
- Enumera algunas de las ventajas que ha supuesto el perfeccionamiento de los biosensores de glucosa para la mejora de la calidad de vida en los pacientes con diabetes.

## **8.2. ANEXO II: Introducción y procedimiento experimental para la práctica de la actividad 9**

### **Introducción:**

La corrosión también es un proceso electroquímico, en el cual un metal reacciona con las sustancias que tenemos en el medio ambiente, devolviendo el metal a un estado similar al de un mineral. Dado que vivimos en un ambiente oxidante con abundancia de oxígeno, ocurre la oxidación (corrosión) de muchos metales de manera espontánea. De hecho, necesitamos producir metales como el hierro y el acero (aleación de hierro, carbono y otros elementos aleantes) continuamente para reemplazar los metales degradados por la corrosión. La prevención de la corrosión y tratamiento de los efectos de la corrosión constituye un importante problema económico y tecnológico para nuestra sociedad. Cuando un metal se oxida, los átomos del metal pierden electrones para formar cationes. Algunos metales nobles, como el oro y la plata, son agentes reductores relativamente débiles. En cambio, los metales de los grupos 1 y 2, de la Tabla Periódica, son agentes reductores muy fuertes y, por lo tanto, se oxidan fácilmente. En general, cualquier metal que aparezca debajo de las diversas semireacciones de oxígeno en una Tabla Redox será oxidado en nuestro medio ambiente. Un par de ejemplos, son el hierro (incluido el acero al carbono) y el aluminio que son ampliamente utilizados como materiales estructurales.

La cuestión es, ¿por qué ocurre la corrosión o la oxidación del hierro, constituyendo un problema económico tan importante, pero en cambio, no ocurre la corrosión del aluminio siendo un agente reductor mucho más fuerte? La respuesta radica principalmente en la naturaleza del óxido que se forma en la superficie del metal. Una superficie recién limpiada de aluminio se oxida rápidamente en aire para formar óxido de aluminio, el cual se adhiere fuertemente a la superficie del metal, debido a su similar volumen molar comparado con el del metal base. Esto evita más corrosión al sellar efectivamente cualquier superficie expuesta. Desafortunadamente, los compuestos de hierro que se forman en la superficie del hierro expuesto no se adhieren muy bien por el diferente volumen molar entre los diferentes óxidos de hierro y el acero. Así, se desprenden, exponiendo el hierro nuevo a la corrosión. Además, la corrosión del hierro es un proceso complejo que se ve significativamente afectado por la presencia de sustancias distintas del oxígeno como aquellas que contienen cloro.

**Procedimiento experimental:**

En el laboratorio se dispone del material necesario para estudiar el efecto de diferentes bebidas (agua desionizada, agua de grifo, agua con sal comuna, vinagre), que contienen diferentes concentraciones de electrolitos (sales), con el fin de observar cómo afecta cada medio sobre la velocidad de corrosión de 4 metales: acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y cobre. Predecir qué bebida hará que los clavos se corroan más rápido. Poner a prueba la predicción. Se coloca una pieza de cada metal en cada vaso de plástico y se rellena para cada bebida diferente. Después, se examina las piezas en busca de evidencia de cualquier cambio. Se registra el aspecto y la masa a diferentes tiempos de corrosión, y explicar los resultados. Al final de práctica, se desecha todos los materiales como lo indique el profesor. Diseña los experimentos seleccionando y detallando los materiales de laboratorio, el procedimiento, recogida de datos experimentales, tratamiento de resultados experimentales,...

### **8.3. ANEXO III: Introducción y procedimiento experimental para la práctica de la actividad 10**

#### **Introducción:**

Las pilas y baterías eléctricas utilizadas para usos domésticos, industriales, portátiles,..., contienen reactivos seleccionados para reaccionar espontáneamente, y así convertir su energía química en energía eléctrica. Dichas celdas o baterías, se pueden utilizar para alimentar un reproductor de música portátil, encender un automóvil, o recubrir las joyas o piezas con un metal precioso (oro, plata,...) o resistente al rayado y/o corrosión (cromo, níquel,...). El término pila o celda electroquímica se usa frecuentemente en química para referirse a una celda con una reacción espontánea, como celdas galvánicas, o una célula con una reacción no espontánea, la cual se denomina celda electrolítica.

Una célula galvánica consta de dos semiceldas separadas por un cuerpo poroso con unos electrodos sólidos conectados por un circuito externo. El cátodo es el electrodo positivo, donde el agente oxidante más fuerte se reduce. En cambio, el ánodo es el electrodo negativo, en el cual el agente reductor más fuerte se oxida. Los electrones se mueven por el circuito externo desde el ánodo al cátodo. Internamente, los aniones se mueven hacia el ánodo y los cationes se mueven hacia el cátodo cuando opera la celda. Las soluciones de electrolito permanecen eléctricamente neutras.

Las cuestiones a tratar para la celda galvánica son:

- Al cabo de un tiempo, ¿qué le ha ocurrido a la barra de Zn metálico? ¿y a la disolución de  $\text{CuSO}_4$ ?
- Plantea las semirreacciones de oxidación y reducción.
- Cuando el Zn está en forma de polvo, ¿se produce algún cambio de temperatura? Si es así, ¿cómo es la reacción, exotérmica o endotérmica? ¿a qué magnitud termodinámica equivale el calor desprendido durante esta reacción?
- ¿Se ha generado energía eléctrica? ¿por qué? Realiza un esquema de la pila, señalando cuál es el electrodo que actúa de cátodo y cuál el que actúa de ánodo. Escribe las reacciones que tienen lugar en cada uno de ellos y la reacción global de la pila.
- ¿En qué dirección se mueven los iones del puente salino?
- ¿En qué dirección circulan los electrones por el circuito?

- Escribir la notación de la pila. Medir la fuerza electromotriz de la pila. A partir de los potenciales estándar de reducción de cada uno de los electrodos, calcular la fuerza electromotriz teórica de la pila.  $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0.34\text{V}$ ;  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$ .
- Comparar el valor de potencial obtenido experimentalmente con el valor teórico calculado.
- En este caso, ¿se genera energía eléctrica? ¿a qué magnitud termodinámica es posible asociarla?
- Calcular la energía de Gibbs teórica y experimental para una pila galvánica.
- Completar las siguientes cuestiones: Semirreacción de oxidación, semirreacción de reducción, notación de la pila,  $E^\circ$ teórico (V),  $E^\circ$ experimental (V),  $\Delta G^\circ$ teórico (kJ/mol), y  $\Delta G^\circ$ experimental (kJ/mol).

### **Procedimiento experimental:**

En el laboratorio se dispone del material necesario para construir una pila galvánica (Pila Daniell). Para comenzar la preparación de la pila galvánica, se lijan las barras metálicas de Cu y Zn y se lavan con agua destilada. Se llena un vaso de precipitados con la disolución de  $\text{ZnSO}_4$  y otro con la disolución de  $\text{CuSO}_4$ . Se sumerge cada barra metálica en el vaso que contiene su correspondiente disolución. Ambos compartimentos se conectan con un puente salino. Finalmente, se monta el circuito externo conectando los dos electrodos a un voltímetro, empleando conductores metálicos. Al final de práctica, se desecha todos los materiales como lo indique el profesor. Diseña los experimentos seleccionando y detallando los materiales de laboratorio, el procedimiento, recogida de datos experimentales, tratamiento de resultados experimentales,...

#### **8.4. ANEXO IV: Introducción y procedimiento experimental para la práctica de la actividad 11**

##### **Introducción:**

El recubrimiento electrolítico es un proceso mediante el cual se puede depositar un metal, óxido o sal como recubrimiento protector de la corrosión del metal base. Se suele caracterizar por ser un recubrimiento delgado y estrechamente adherente, sobre la superficie de un sustrato conductor, mediante la electrólisis simple de una solución que contiene el ion metálico deseado o su complejo químico. Para que dicho proceso ocurra es necesario aplicar una corriente eléctrica para reducir los cationes, de metal a depositar, disueltos en la disolución.

##### **Procedimiento experimental:**

En el laboratorio se dispone del material necesario para realizar el recubrimiento de una pieza metálica de acero con cobre metálico. Se prepara una solución de electrolito de sulfato de cobre. A continuación, cada cable de cobre se conecta a un borne de la pila. Para comenzar el experimento, sumerge la pieza de acero a recubrir en la solución electrolítica, y se extrae/sumerge para observar el avance del recubrimiento. Al final de práctica, se desecha todos los materiales como lo indique el profesor. Diseña los experimentos seleccionando y detallando los materiales de laboratorio, el procedimiento, recogida de datos experimentales, tratamiento de resultados experimentales,...

**8.5. ANEXO V: Rúbrica para la evaluación de la observación sistemática del trabajo de cada alumno (control, participación y actitud) en las actividades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Elaboración propia.**

Indicadores	Nivel de logro				Selección de nivel		
	Nivel 1 (2,5)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7,5)	Nivel 4 (10)	Nivel	Puntuación	
<b>Frecuencia de participación en el aula (25%)</b>	No interviene nunca. O interviene con demasiada frecuencia, no permitiendo a alumnos y/o al docente que contribuyan. (0,625 puntos)	De vez en cuando hace comentarios, pero lo hace en momentos que rompen el hilo de la discusión. (1,25 puntos)	Contribuye regularmente a debates y permite a otros hablar respetando los turnos. (1,875 puntos)	La frecuencia de las intervenciones es óptima, ni muy frecuentes para dominar, ni tan pocas que no hay contribución. Interviene para continuar el debate, y calla para dejar paso a las contribuciones de los otros. (2,5 puntos)	4	2,50	<b>Puntuación total</b> 10,00
<b>Relevancia de participación en el aula (25%)</b>	Los comentarios no están relacionados con el tema que nos ocupa, o vuelve a la parte anterior de la discusión o pregunta. El lenguaje es tan general o confuso que es difícil entender dónde encaja el comentario. (0,625 puntos)	En sus comentarios sólo es capaz de repetir lo que ya se dijo, o desviar la discusión. El lenguaje es bastante general, sólo lo que tiene que ver con la experiencia personal, presenta algunos detalles específicos. (1,25 puntos)	Las contribuciones están relacionadas con el tema, y se apoya para hacer conexiones entre el tema y los comentarios de los alumnos. A veces se le deben hacer preguntas para solicitar dudas. El lenguaje es claro, aunque un poco general. (1,875 puntos)	Sus aportaciones contribuyen a mejorar la discusión, hace preguntas clave, elabora, aporta conocimiento personal pertinente, continua discusión, identifica los problemas o lleva la discusión a otro nivel. Utiliza el vocabulario del tema para ser preciso y claro. (2,5 puntos)	4	2,50	
<b>Realización de las tareas en el aula (25%)</b>	Casi nunca realiza el trabajo de clase. (0,625 puntos)	Algunas veces realiza el trabajo de clase. (1,25 puntos)	Casi siempre realiza el trabajo de clase. (1,875 puntos)	Siempre realiza el trabajo de clase. (2,5 puntos)	4	2,50	
<b>Actitud en el aula (25%)</b>	Muestra poco interés y/o es muy pasivo en clase. O se distrae y/o distrae a los compañeros. (0,625 puntos)	Frecuentemente, muestra interés y está atento en clase. (1,25 puntos)	Casi siempre, muestra interés y es activo en clase. (1,875 puntos)	Siempre muestra mucho interés y es muy activo en clase. (2,5 puntos)	4	2,50	

**8.6. ANEXO VI: Rúbrica para la evaluación del trabajo en clase, de los informes de investigación y cuestionarios propuestos en las actividades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Elaboración propia.**

Indicadores	Nivel de logro				Selección de nivel		Puntuación total	10,00
	Nivel 1 (2,5)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7,5)	Nivel 4 (10)	Nivel	Puntuación		
<b>Corrección conceptual (30%)</b>	En la actividad aparece algún concepto propio de los temas tratados, pero la mayoría son ideas externas de la teoría tratada y/o la mayoría se utiliza de manera errónea. (0,75 puntos)	La mayoría de los conceptos e ideas que se usan resultan adecuadas y son propios de los temas tratados. Sin embargo, aparecen errores importantes en conceptos clave. (1,5 puntos)	Se utilizan los conceptos e ideas clave de los contenidos estudiados. El uso de los conceptos resulta claro y pertinente, aunque también hay algún error. (2,25 puntos)	Se utilizan los conceptos e ideas clave de los contenidos. El uso de los conceptos resulta siempre correcto con sus significados originales y están bien relacionados con el objeto de análisis. (3 puntos)	4	3,00		
<b>Argumentación y justificación de las respuestas (30%)</b>	La mayoría de respuestas expuestas no se apoyan en datos empíricos o estudios consultados. La mayoría de las respuestas toman una forma de opinión personal. (0,75 puntos)	Se hace un intento de justificar la mayoría de respuestas vinculándolas a los datos empíricos obtenidos o estudios consultados. Se mezcla la perspectiva objetiva y la opinión personal. (1,5 puntos)	La gran mayoría de respuestas expresadas en el trabajo se sostienen en datos empíricos obtenidos, u otros estudios consultados. Se utiliza una perspectiva objetiva para exponer las valoraciones. (2,25 puntos)	Todas las respuestas expresadas en el trabajo se sostienen en datos empíricos obtenidos, u otros estudios consultados. Se utiliza una perspectiva objetiva para exponer las valoraciones. (3 puntos)	4	3,00		
<b>Expresión escrita (20%)</b>	El texto redactado es muy simple, con constantes errores (ortográficos y/o gramaticales). (0,5 puntos)	El texto está bien redactado, aunque a veces resulta simple. (1 punto)	El texto es coherente y da la impresión de estar bien trabajado y redactado, aunque aparece algún error puntual. (1,5 puntos)	El texto es coherente y da la impresión de estar muy bien trabajado y redactado. (2 puntos)	4	2,00		
<b>Uso de las herramientas propias de la tecnología digital (20%)</b>	Utiliza con dificultad el procesador de textos. No utiliza la hoja de cálculo. Hace un tratamiento deficiente de las imágenes. (0,5 puntos)	Utiliza incorrectamente el procesador de textos y tiene muchas dificultades con la hoja de cálculo. Hace un tratamiento deficiente de las imágenes. (1 punto)	Utiliza correctamente el procesador de textos, pero tiene algunas dificultades con la hoja de cálculo. Hace un buen tratamiento de las imágenes. (1,5 puntos)	Utiliza correctamente el procesador de textos y la hoja de cálculo. Hace un buen tratamiento de las imágenes. (2 puntos)	4	2,00		

## 8.7. ANEXO VII: Rúbrica para la evaluación de la presentación oral de las actividades 5 y 7. Elaboración propia.

Indicadores	Nivel de logro				Selecciona el nivel		Puntuación total	10,00
	Nivel 1 (2,5)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7,5)	Nivel 4 (10)	Nivel	Puntuación		
<b>Formato de la presentación (10%)</b>	Es poco visual y poco trabajado. La información del soporte sólo es leída. (0,25 puntos)	El material no es adecuado, aunque es visualmente agradable. (0,5 puntos)	Bien trabajado visualmente, pero no ilustra los contenidos más importantes. (0,75 puntos)	Muy bien trabajado visualmente y adecuado a los contenidos. (1 punto)	4	1,00	Puntuación total	10,00
<b>Estructura de la presentación (10%)</b>	No ha habido una presentación ordenada y básica de objetivos, contenidos y conclusiones. (0,25 puntos)	La presentación de los contenidos no ha sido clara ni ordenada. Se han mencionado los objetivos, contenidos y conclusiones. (0,5 puntos)	La presentación de los contenidos ha sido correcta, pero las conclusiones no están de acuerdo con los objetivos planteados. (0,75 puntos)	Presentación correcta y ordenada de los objetivos, contenidos y conclusiones del trabajo. (1 punto)	4	1,00		
<b>Resumen y conclusiones de la presentación (20%)</b>	Acaban la exposición sin hacer un breve resumen de lo que han expuesto ni explican las conclusiones a las que han llegado. (0,5 puntos)	Hacen un resumen final lo más destacado de la exposición, pero no explican las conclusiones a que han llegado. (1 punto)	Hacen el resumen final de lo expuesto. Muestran conclusiones a que han llegado, pero no utilizan ninguna fórmula de despido de la exposición oral. (1,5 puntos)	Acaban la exposición haciendo un breve resumen y explicando las conclusiones a que han llegado. Utilizan una fórmula de finalización de la intervención. (2 puntos)	4	2,00		
<b>Lenguaje verbal (20%)</b>	El lenguaje utilizado no es el correcto. (0,5 puntos)	Hay carencias de expresión y de vocabulario. (1 punto)	El lenguaje es correcto y adecuado, en general. (1,5 puntos)	Muy buena locución, adecuación y uso del vocabulario específico. (2 puntos)	4	2,00		
<b>Logro de contenidos y respuesta a las preguntas que se les formulan (20%)</b>	Le cuesta mucho seleccionar las ideas principales y contestar a las preguntas que se le formulan. (0,5 puntos)	No siempre es capaz de seleccionar las ideas principales y de utilizar un registro comprensible. Sus respuestas no son siempre adecuadas. (1 punto)	Seleccionar las ideas principales empleando un registro comprensible. Si se formulan preguntas las respuestas son adecuadas. (1,5 puntos)	Presenta las ideas con profundidad, detalles y ejemplos, empleando un registro claro y seleccionando las ideas principales. Si se formulan preguntas las respuestas son adecuadas. (2 puntos)	4	2,00		
<b>Adecuación del tiempo (10%)</b>	Demasiado corto o demasiado largo. Distribución irregular de los tiempos entre los miembros del grupo. (0,25 puntos)	Distribución equitativa, pero tiempo total no ajustado. Tiempo total ajustado, pero distribución irregular. (0,5 puntos)	Pequeña desviación los tiempos parciales o totales. (0,75 puntos)	Distribución equitativa y tiempo total ajustado. (1 punto)	4	1,00		
<b>Evaluación (Autoevaluación y coevaluación) (10%)</b>	No entiende el mecanismo evaluativo y participa por inercia. (0,25 puntos)	Empieza a entender el mecanismo evaluativo, pero aún lo hace por inercia. (0,5 puntos)	Entiende el mecanismo evaluativo, participa y en disfruta. (0,75 puntos)	Entiende el mecanismo evaluativo y en participa. Se muestra responsable y crítico hacia el su aprendizaje. (1 punto)	4	1,00		

**8.8. ANEXO VIII: Rúbrica para la autoevaluación y coevaluación de los trabajos de investigación en las actividades 5 y 7. Elaboración propia.**

Indicadores	Nivel de logro								Selecciona el nivel		Puntuación	
	Nivel 1 (2,5)		Nivel 2 (5)		Nivel 3 (7,5)		Nivel 4 (10)		Nivel	Puntuación		
<b>Organización (20%)</b>	No nos hemos organizado. (0,5 puntos)		Ha sido necesaria la ayuda del profesor. (1 punto)		Nos hemos organizado solos, pero, en ocasiones, ha habido de intervenir el profesor. (1,5 puntos)		Nos hemos organizado solos y hemos solucionado los problemas de forma autónoma. (2 puntos)		4	2,00	Puntuación total	10,00
	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO				
<b>Cooperación (20%)</b>	No hemos cooperado. (0,5 puntos)		Ha habido miembros que no han hecho el trabajo que les tocaba. (1 punto)		Ha habido miembros que, en ocasiones, no han hecho el trabajo que les tocaba. (1,5 puntos)		Todos hemos cooperado activamente en la elaboración de las actividades. (2 puntos)		4	2,00		
	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO				
<b>Actitud y responsabilidad (20%)</b>	Hemos mantenido muy poca actitud-constancia. (0,5 puntos)		Nos ha costado mantener los roles, nos ha faltado más constancia y puntualidad en las entregas del trabajo. (1 punto)		Hemos trabajado cada uno en función de su rol, pero con poca constancia y puntualidad en las entregas. (1,5 puntos)		Hemos trabajado, nos hemos ayudado y hemos sido puntuales en las entregas de las diferentes actividades. (2 puntos)		4	2,00		
	YO	GRUPO	YO	GRUPO		GRUPO	YO	GRUPO				
<b>Búsqueda de la información (20%)</b>	A pesar de haber tenido ayuda para encontrar y seleccionar la información, nos ha resultado difícil. (0,5 puntos)		No hemos tenido facilidad para encontrar y seleccionar la información; hemos necesitado ayuda. (1 punto)		Hemos sido capaces de encontrar la información con facilidad, pero alguna vez hemos necesitado ayuda para seleccionarla. (1,5 puntos)		Hemos sido capaces de encontrar y seleccionar toda la información necesaria con facilidad. (2 puntos)		4	2,00		
	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO				
<b>Exposición oral (20%)</b>	Nos hemos preparado poco la exposición y no ha salido bien. (0,5 puntos)		Nos hemos preparado poco la exposición y no ha salido bastante bien. Podríamos estar más satisfechos. (1 punto)		Nos hemos preparado la exposición y ha salido bastante bien. Estamos satisfechos. (1,5 puntos)		Nos hemos preparado la exposición, se ha notado que es el resultado de un trabajo en equipo. Los compañeros lo han entendido muy bien y estamos satisfechos. (2 puntos)		4	2,00		
	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO	YO	GRUPO				

**8.9. ANEXO IX: Rúbrica para la evaluación de la observación directa del trabajo en el laboratorio en las actividades 9, 10 y 11. Elaboración propia.**

Indicadores	Nivel de logro				Selección de nivel		Puntuación total	10,00
	Nivel 1 (2,5)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7,5)	Nivel 4 (10)	Nivel	Puntuación		
<b>Habilidades manuales, cuidado y respeto por la seguridad e higiene, y los materiales, a nivel individual (40%)</b>	Manipula de forma peligrosa e irresponsable los reactivos y el material de vidrio. (1,0 puntos)	Manipula de forma insegura los reactivos y el material de vidrio. (2,0 puntos)	Manipula de forma segura y correcta los reactivos y el material de vidrio, pero deja que los compañeros de grupo hagan más tareas. (3,0 puntos)	Manipula de forma segura y correcta los reactivos y el material de vidrio, a partes iguales con los otros miembros del grupo. (4,0 puntos)	4	4,00	Puntuación total	10,00
<b>Actitud individual en el laboratorio (30%)</b>	Muestra poco interés y/o es muy pasivo en el laboratorio. O se distrae y/o distrae a los compañeros. (0,75 puntos)	Frecuentemente, muestra interés y está atento en las tareas del laboratorio. (1,5 puntos)	Casi siempre, muestra interés y es activo en las tareas del laboratorio. (2,25 puntos)	Siempre muestra mucho interés y es muy activo en las tareas del laboratorio. (3,0 puntos)	4	3,00		
<b>Organización grupal de las tareas en el laboratorio (30%)</b>	No se organizan solos, necesitan la ayuda constante del profesor. (0,75 puntos)	Se organizan solos, pero el profesor debe intervenir frecuentemente. (1,5 punto)	Se organizan solos, pero, en ocasiones, el profesor debe intervenir. (2,25 puntos)	Se organizan solos, y solucionan los problemas de forma autónoma. (3,0 puntos)	4	3,00		

### 8.10. ANEXO X: Rúbrica para la evaluación del informe de prácticas de las actividades 9, 10 y 11. Elaboración propia.

Indicadores	Nivel de logro				Selecciona el nivel		Puntuación	Puntuación total
	Nivel 1 (2,5)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7.5)	Nivel 4 (10)	Nivel	Puntuación		
<b>Busca información previa sobre el tema en cuestión (15%)</b>	Cree tanto en sus conocimientos previos que se cierra a ampliarlos. (0,375 puntos)	No recupera conocimientos previos sobre el tema, pero busca información. (0,75 puntos)	Repasa los conocimientos previos sobre el tema. Busca nueva información, pero se preocupa poco de integrarla correctamente y hacérsela propia. (1,5 puntos)	Repasa los conocimientos previos sobre el tema. Busca nueva información, la integra y se la hace propia. (1,5 puntos)	4	1,50	10,00	
<b>Plantea objetivos. Diseña un experimento para validar una hipótesis (15%)</b>	No aplica el protocolo de forma correcta. No entiende la estrategia. (0,375 puntos)	Aplica el protocolo de forma correcta, pero no acaba de entender la estrategia. (0,75 puntos)	Entiende la estrategia en función de los objetivos y aplica el protocolo de forma correcta. (1,5 puntos)	Se plantea los objetivos. Decide la estrategia en función de los objetivos, selecciona el material y establece el protocolo. (1,5 puntos)	4	1,00		
<b>Recoge los resultados del experimento y hace el tratamiento necesario (15%)</b>	Recoge algunos resultados de forma parcial, pero no los interpreta. (0,375 puntos)	Recoge los resultados y los expresa por escrito, dibujo, fotografía,..., pero no los interpreta. (0,75 puntos)	Recoge los resultados y los expresa por escrito, dibujo, fotografía, y los interpreta con dificultad. (1,5 puntos)	Recoge los resultados y los expresa por escrito, dibujo, fotografía, y los interpreta correctamente. (1,5 puntos)	4	2,00		
<b>Extrae conclusiones para aceptar o rechazar la hipótesis (15%)</b>	No extrae conclusiones. (0,375 puntos)	Intenta extraer conclusiones a partir de resultados sin interpretar, y por tanto, lo hace de forma incorrecta. (0,75 puntos)	Relaciona la interpretación de los resultados con la hipótesis inicial. Se acepta o rechaza la hipótesis inicial sin una argumentación clara. (1,5 puntos)	Relaciona la interpretación de los resultados con la hipótesis inicial. Argumenta de forma clara porque se acepta o rechaza la hipótesis inicial. (1,5 puntos)	4	2,00		
<b>Incorpora la información proveniente de las conclusiones en los conocimientos previos (15%)</b>	Recoge la información teórica y práctica que no integra, y por tanto, no la transforma en conocimiento. (0,375 puntos)	Intenta relacionar conclusiones con conocimientos previos, pero no los integra. Tiene dificultades en transformar la información en conocimiento. (0,75 puntos)	Relaciona las conclusiones con conocimientos previos, pero no llega a hacer una rigurosa integración. (1,5 puntos)	Relaciona las conclusiones con conocimientos previos y hace una síntesis bien integrada. Sus conocimientos son ahora más sólidos. (1,5 puntos)	4	2,00		
<b>Uso de las herramientas propias de la tecnología digital (15%)</b>	Utiliza con dificultad el procesador de textos. No utiliza la hoja de cálculo. Hace un tratamiento deficiente de las imágenes. (0,375 puntos)	Utiliza incorrectamente el procesador de textos y tiene muchas dificultades con la hoja de cálculo. Hace un tratamiento deficiente de las imágenes. (0,75 puntos)	Utiliza correctamente el procesador de textos, pero tiene algunas dificultades con la hoja de cálculo. Hace un buen tratamiento de las imágenes. (1,5 puntos)	Utiliza correctamente el procesador de textos y la hoja de cálculo. Hace un buen tratamiento de las imágenes. (1,5 puntos)	4	1,00		
<b>Expresión escrita (10%)</b>	Redacción de forma no correcta. Muchas faltas de ortografía. No se utiliza la terminología propia de la materia. (0,25 puntos)	Redacción de manera inadecuada. Hace algunas faltas de ortografía. Conoce poco la terminología propia de la materia. (0,5 puntos)	Redacción bastante correcta, pero le falta alguna terminología propia de la materia o la escribe con alguna incorrección. (0,75 puntos)	Redacta correctamente, sin falta de ortografía, y usa la terminología propia de la materia. (1 punto)	4	1,00		

### 8.11. ANEXO XI: Autoevaluación de la práctica docente. Adaptación de Bolancé-García, J. y otros (2013).

**Nota:** Los alumnos valoraron los indicadores según el grado de cumplimiento de las acciones llevadas a cabo por el profesor. La escala de valoración elegida fue una escala Likert de 1 a 5, siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo. En el apartado de valoración se muestra la nota media obtenida para cada indicador.

<b>Dimensión</b>	<b>Factores e indicadores para autoevaluar la práctica docente</b>	<b>Valoración</b>
<b>Metodología docente</b>	Se organiza y secuencia los contenidos que presenta de forma que facilita su comprensión	
	Uso de un lenguaje claro e inteligible	
	Se relacionan los contenidos de la asignatura con los contenidos del resto de materias	
	Existe concordancia entre los objetivos y contenidos de la asignatura y lo explicado en clase	
	Se resuelven las dudas al alumnado respecto de los contenidos	
	Se exponen ejemplos en los que se pone en práctica los contenidos de la asignatura	
	Se realizan actividades encaminadas a hacer más atractivos y útiles los contenidos que se abordan	
	Se fomenta una actitud activa y responsable del estudiante hacia su propio trabajo.	
	Se fomenta la participación y el trabajo de grupo a través de actividades en las que se estimula el intercambio de opiniones	
	Se fomenta la motivación del alumnado	
	Se proponen actividades para favorecer el aprendizaje autónomo (búsqueda de información, trabajos, investigaciones, etc.)	
	Se trabaja el desarrollo de la capacidad de síntesis y de razonamiento del alumnado	
	Se promueve el desarrollo en el alumno de una actitud reflexiva estimulando al estudiante a desarrollar sus propias explicaciones y defenderlas ante sus compañeros	
<b>Recursos didácticos</b>	Se usan recursos didácticos (pizarra, transparencias, medios audiovisuales...) que facilitan el aprendizaje en el aula	
	Se facilita el acceso a distintas fuentes de información, base de datos o fondos bibliográficos propios para cubrir las necesidades del desarrollo de la enseñanza	
	Se dispone de la tecnología necesaria para la obtención, tratamiento, almacenamiento, transferencia y presentación de datos e información	
<b>Sistemas de evaluación</b>	Existe variedad en los procedimientos para evaluar el aprendizaje de los alumnos/as	
	Se realizan distintas pruebas de evaluación puntuables y no puntuables que informen a los estudiantes de su grado de aprendizaje y errores (devolviéndose las pruebas de evaluación con anotaciones que sirvan al alumno para mejorar)	
	Se proporciona material de repaso en web y plataformas virtuales de forma que el alumno disponga permanentemente de material de estudio	
<b>Actitud del profesor</b>	Se estimula al alumnado para que se interese por su proceso de aprendizaje	
	Existe una actitud receptiva por parte del profesor en su relación con los estudiantes	