



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Trabajo Fin de Máster

“El uso de analogías y modelos analógicos en La Enseñanza de la Química de Bachillerato”

“Reacciones de Transferencia de Electrones”

MASTER EN PROFESOR DE SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO. FORMACIÓN PROFESIONAL Y DE IDIOMAS

ESPECIALIDAD: FÍSICA Y QUÍMICA

Autor: BEATRIZ GÓMEZ SALGADO

Tutor: Dña. CARMEN LAVÍN PUENTE

VALLADOLID, JULIO 2015

ÍNDICE

“El uso de analogías y modelos analógicos en La Enseñanza de la Química de Bachillerato”

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1.- OBJETIVO DEL TRABAJO	4
2.- JUSTIFICACIÓN.....	5
2.1.- Justificación del trabajo	5
2.2.- Justificación del tema elegido	5
3.- LAS ANALOGÍAS. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1.- Las analogías como estrategia docente	7
3.2.- Fundamentación teórica	8
3.2.1.- Concepto analogía	8
3.2.2.- Objetivos.....	10
3.2.3.- Fundamentos didácticos y clasificación	10
3.2.4.- Ventajas y desventajas.....	13
3.2.5.- Justificación de la importancia del papel activo del alumno	14
3.2.6.- El papel del profesor en la construcción de analogías	15
3.2.7.- Criterios para la selección de analogías	16
3.3.- Planificación de una analogía. metodología	16
3.3.1.- Identificación de los conceptos abstractos del tema	16
3.3.2.- Selección de las analogías	17
3.3.3.- Momento de presentación de la analogía en el aula	17
3.3.4.- Fases del desarrollo de la analogía en el aula	18
4.- APLICACIÓN PRÁCTICA.....	19
4.1.- Contextualización.....	19
4.1.1.- Descripción del centro	19

4.1.2.- Caracterización del alumnado	20
4.1.3.- Unidad didáctica a la que se aplicaron las analogías.....	21
4.1.4.- Tipos de analogías aplicadas.....	21
4.2.- Selección de analogías.....	22
4.3.- Planteamiento de analogías en el aula	23
4.4.- Experiencia del modelo de analogía para la pila Daniell	36
4.4.1.- Diseño del modelo.....	36
4.4.2.- Funcionamiento del modelo	38
4.4.3.- Alcance y limitaciones del modelo	40
4.4.4.- Desarrollo en el aula.....	42
4.4.5.- Resultado de la experiencia	50
5.- CONCLUSIONES.....	53
6.- RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS	54
7.- ANEXOS.....	56
Anexo I: Decreto 42/2008 Currículo de Bachillerato de Castilla y León	56
Anexo II: Unidad Didáctica: "Reacciones de transferencia de electrones"	58
Anexo III: Encuesta	67

RESUMEN

En los distintos niveles educativos se detectan dificultades en la enseñanza de las ciencias, especialmente en el área de la Química dado que su proceso de enseñanza-aprendizaje requiere de una construcción mental que permita relacionar los distintos niveles en los que se desarrolla, esto es, la estructura microscópica (átomos, moléculas, enlaces, electrones...) con el comportamiento macroscópico de las sustancias (aspecto, propiedades, reactividad..) mediante un nivel más, que representa el nivel simbólico (fórmulas química, símbolos químicos...) y que suele resultar extraño para los alumnos. La Química es, por tanto, una de las asignaturas que presentan mayor dificultad de comprensión para los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. De aquí surge la necesidad de que el docente utilice estrategias que faciliten la comprensión de los conceptos químicos por los alumnos y despierten su interés por la misma. Entre estas estrategias, son muy recomendadas las analogías planteadas de forma que el alumno logre un aprendizaje significativo. En este trabajo se proponen y desarrollan analogías para la unidad didáctica de “Reacciones de transferencia de electrones” que se imparte en el curso de 2º de Bachillerato. Se detalla la experiencia de haberlo llevado a cabo en el aula durante el período del prácticum de este máster.

“Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo,
involúcrame y lo aprendo.”

Benjamin Franklin

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es el resultado de la formación teórica que he recibido a lo largo tanto del curso del Máster como de mi vida, junto con mi práctica docente en el Centro Grial ubicado en la calle Ruiz Hernández de Valladolid. Durante el período del Prácticum en dicho centro, he tenido la oportunidad de participar por primera vez en el proceso de enseñanza-aprendizaje como emisora y no como receptora de conocimientos y valores, lo que ha sido sin duda una experiencia inolvidable que ha confirmado y ensalzado mi deseo de enseñar y educar.

Uno de los objetivos esenciales de la enseñanza de las ciencias es favorecer el aprendizaje significativo de los alumnos en sus distintas vertientes: conceptual, procedimental y actitudinal. Especialmente el área de la Química que contiene conceptos abstractos y difíciles de explicar sin el uso de estrategias adecuadas. La química se estudia en el nivel macroscópico (lo que podemos ver y apreciar), se describe en un nivel microscópico (lo que no podemos ver), y se representa en ambos niveles de una manera simbólica, a través de símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas. El principal obstáculo con el que nos encontramos a la hora de comprender la química no es la existencia de tres niveles de representación, sino su alto grado de abstracción, su preeminente explicación en el nivel simbólico. El cumplimiento de este objetivo constituye una tarea realmente compleja que exige la aplicación de nuevas estrategias. Una de ellas es el uso de analogías y modelos que desarrollan el razonamiento analógico en los alumnos, lo que permite la organización y contextualización de la información así como asociar las tres representaciones de la materia, mejorando de esta manera su recuerdo, favoreciendo el aprendizaje significativo y el desarrollo del pensamiento creativo además de fomentar el interés y motivación en los alumnos. Todas estas características hacen a este recurso propio para su aplicación en la consecución de los objetivos de la educación del siglo XXI (la formación de individuos creativos, emprendedores, críticos, competentes con el

mundo digital, con altos dotes sociales y que se adapten a ambientes laborales diversos) y es por ello que se ha elegido para su desarrollo en el Trabajo Fin de Máster. El trabajo consta de cinco secciones principales en las que se desarrolla tanto el marco teórico relativo al uso de las analogías en la educación de las ciencias como la experiencia vivida durante el Prácticum del Máster de Secundaria.

Las dos primeras secciones describen el objetivo y la justificación de este TFM, qué es lo que quiere conseguir y el por qué se hace. Una tercera sección aborda el contexto teórico en el que podemos enmarcar a las analogías como recurso didáctico o estrategia docente, pasando desde su definición hasta los pasos que la componen y su correcta planificación, analizando también sus principales características y requisitos para que resulten exitosas y realmente proporcionen al alumno un aprendizaje significativo. La cuarta sección constituye el núcleo central del trabajo, la utilización de analogías en la enseñanza de las reacciones de transferencia de electrones. En ella se recoge la experiencia llevada a cabo durante el Prácticum, es decir, la aplicación práctica de todo el marco teórico expuesto con anterioridad. En este punto se contextualiza dicho desarrollo práctico, ubicando el centro donde tuvo lugar, el curso en el que se desarrolló, la materia en la que se impartió y finalmente exponiendo el tema concreto en el que se llevaron a cabo las analogías. Posteriormente se describen una a una cada una de las analogías aplicadas así como la forma en la que se desarrollaron en el aula. Dentro de este apartado encontraremos uno específico en el que se desarrolla en mayor profundidad la analogía de Pila Daniell que se llevó a cabo mediante un modelo en el que los alumnos tomaron un protagonismo especial. Finalmente en la sección quinta se recogen las conclusiones derivadas de este trabajo.

1.- OBJETIVO DEL TRABAJO

Como ya ha sido mencionado, el caso de la enseñanza de las ciencias experimentales requiere el manejo imprescindible de múltiples y variados recursos didácticos que acerquen los conceptos científicos más abstractos al lenguaje cotidiano de los alumnos, sin dejar a un lado la necesaria terminología científica asociada a esas ciencias, al tiempo que despierten su interés por el saber científico, lo que les permita adquirir consciencia de su relevancia en la sociedad actual a través del estudio de fenómenos cotidianos desde un enfoque científico.

El objetivo principal del presente Trabajo Fin de Máster es investigar acerca del uso de las analogías como recurso didáctico en el aprendizaje de la Química, lo que ha podido hacerse tanto de forma teórica como experimental, ya que pudo ponerse en práctica durante el desarrollo de la unidad didáctica que impartí durante la fase de intervención del Prácticum.

Los objetivos más relevantes que se pretenden conseguir con este Trabajo Fin de Máster son:

- Revelar que las analogías constituyen un recurso didáctico muy útil para la enseñanza-aprendizaje de la Química en el nivel educativo de Bachillerato.
- Seleccionar y proponer analogías para la enseñanza de conceptos fundamentales de Química en la unidad didáctica seleccionada y desarrollada.
- Aplicar las analogías en el aula como estrategia para la comprensión y aprendizaje de los conceptos más abstractos y que mayores dificultades presentan para su entendimiento por parte de los alumnos.
- Motivar a los alumnos a aprender y hacer uso de un razonamiento crítico, a la vez que se fomenta la participación activa en clase.
- Fomentar y enseñar a los alumnos la importancia del trabajo en equipo o cooperativo, competencia cada vez más demandada en el mundo laboral actual.
- Obtener conclusiones tras la experiencia en el aula.

2.- JUSTIFICACIÓN

2.1.- Justificación del trabajo

El preámbulo del Reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo de Fin de Máster de la Universidad de Valladolid (Aprobado en Consejo de Gobierno de 12 de junio de 2008. Modificado en Comisión Permanente de 20 de enero de 2012) recoge que:

“El Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, indica que todas las enseñanzas oficiales de máster concluirán con la elaboración y defensa pública de un Trabajo de Fin de Máster, que ha de formar parte del plan de estudios.”

Por tanto, el Máster en Profesor de Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y de Idiomas, requiere de la elaboración de un Trabajo Fin de Máster (TFM a partir de ahora) que suponga la realización por parte del alumno de un proyecto, memoria o estudio, en que aplique y desarrolle los conocimientos adquiridos en el seno del Máster y ponga de manifiesto las competencias adquiridas necesarias para la labor docente. El TFM es por tanto parte del Plan de Estudios y representa 6 ECTS del Máster.

2.2.- Justificación del tema elegido

El Máster se estructura en una parte teórica común a todas las especialidades, que recoge las generalidades concernientes a la Psicología, Sociología y Contextualización del Sistema Educativo actual, y otra parte teórica correspondiente a la especialidad en sí misma donde se desarrollan los aspectos didácticos específicos de cada disciplina. Dentro de la primera fase de esta parte específica tuvo lugar el momento de la elección del TFM. En ese momento no había transcurrido tiempo suficiente en mi formación como para tener una idea propia y clara sobre la que investigar en profundidad y plasmar en un documento. Este “vacío” de ideas es llenado con las propuestas que el departamento de cada especialidad realiza y que es de gran ayuda para alumnos, que como yo, no habíamos alcanzado la visión suficiente que se requiere para dicha elección en ese momento del curso.

En cuanto la lista fue publicada uno de los temas propuestos llamó de inmediato mi atención: “Utilización de analogías en la enseñanza de la Física y la Química en Educación Secundaria y Bachillerato”, me pareció un tema muy interesante, por la facilidad que aporta en el entendimiento de conceptos realmente complicados, y con muchas posibilidades que además, como después pude comprobar, para que los resultados sean óptimos requiere de una exigente preparación de las mismas por parte del docente y de un alto grado de minuciosidad en su transmisión para que sea eficaz y no conduzca a concepciones erróneas.

Por estos motivos realicé mi solicitud con este tema como primera opción, resultando ser finalmente mi asignación para la elaboración del TFM. La asignación tanto del centro de prácticas como del tutor en el mismo (y por tanto, la materia que iba a impartir) tuvo la última palabra a la hora de moldear y ajustar el TFM definitivo, pues mi intervención iba a centrarse en la Química de 2º de Bachillerato, curso en el cual desarrollé este uso de las analogías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.- LAS ANALOGÍAS. MARCO TEÓRICO

3.1.- Las analogías como estrategia docente

Es frecuente que tanto profesores editoriales de libros de texto utilicen analogías para explicar contenidos en asignaturas de ciencias con el objeto de facilitar el aprendizaje de nuevos conceptos de un modo más comprensible para los alumnos dado que una analogía permite guiar a los alumnos en la construcción del modelo mental inicial del concepto a aprender basado en algo que les es familiar. Ese modelo es la vía que permite realizar la transposición del nuevo conocimiento (Tim, 2004).

Glynn y cols. (1998) señalan que los docentes suelen iniciar muchas de sus frases, durante las clases y especialmente como respuesta a las preguntas de los alumnos, con expresiones coloquiales tales como: "Esto se parece a...", "Es lo mismo que...", "No es diferente a...", "Como si fuera...". En los libros de texto, los autores utilizan expresiones más formales tales como "Lo mismo que...", "En modo semejante a...", "De una manera semejante a...", "Se asemeja con...", "En comparación con..." y "A diferencia de...". Todas estas expresiones son diferentes formas de presentar una analogía. El aspecto negativo del uso de estas expresiones es que se emplean de forma no sistematizada, no estando acompañadas por la preparación en que se debe plantear una analogía. Por consiguiente, la diferenciación entre el concepto tópico, el concepto análogo, los ejemplos del concepto y las características del mismo se mezclan en la mente de los alumnos. Y ya que una de las formas del pensamiento humano es la analógica sería absurdo pensar en dejar de utilizar las analogías. Por tanto, la mejor solución pasa por incorporar, tanto en la actividad docente como en los libros, estrategias sistematizadas y planificadas para el uso de las analogías, lo que incrementaría su eficacia como herramienta didáctica (Sunal, 2004).

El uso de analogías está ligado, por una parte, al aprendizaje conceptual, por ejemplo, ayuda en la comprensión y desarrollo de conceptos abstractos o como herramienta para redirigir las ideas intuitivas existentes. De otra parte, está ligado también al aprendizaje y desarrollo de procedimientos científicos, como el reconocimiento, utilización y diferenciación de conceptos, al establecimiento de relaciones causales, contribuye a la elaboración de predicciones y evaluación de hipótesis. Por todo esto las analogías resultan un recurso útil para el desarrollo de actitudes, normas y valores

propicios para el aprendizaje de las ciencias a la vez que permiten mejorar la autoestima y la valoración del conocimiento propio (Oliva, 2004), constituyendo instrumentos idóneos para desarrollar la creatividad, la imaginación y la motivación del alumnado.

El modo en el que las analogías se utilicen en el aula será determinante para aprovechar al máximo todas estas ventajas. Por ejemplo, si la analogía se plantea simplemente como un recurso verbal más durante la explicación del profesor sin ningún tipo de intervención del alumno en el proceso, es muy probable que no sólo no ayude en la construcción del aprendizaje del concepto sino que, además, diste mucho de promover el desarrollo de las actitudes, normas y valores mencionado anteriormente. Por el contrario, si la analogía se desarrolla en el aula con los alumnos como protagonistas, participando en su construcción a través de actividades dinámicas de interacción alumno-alumno y alumno-profesor, es muy posible que sí contribuya a ello generando una ocasión inmejorable para un aprendizaje de las ciencias verdaderamente significativo (Oliva 2005). Un aspecto importante al utilizar analogías es delimitar el momento en que han de presentarse en el aula para que el aprendizaje sea significativo dentro del marco del constructivismo.

3.2.- Fundamentación teórica

3.2.1.- Concepto analogía

La analogía es una comparación de estructuras y/o funciones entre dos dominios: un dominio conocido y un dominio nuevo o parcialmente nuevo de conocimiento. Según Duit (1991) comprenden:

- a) una determinada cuestión desconocida o no familiar (tópico),
- b) una cuestión conocida (análogo) que resulta familiar para el sujeto que intenta aprender y
- c) Un conjunto de relaciones que se establecen entre (a) y (b) o serie de procesos de correspondencia entre los componentes de ambos. Además, existen atributos no compartidos que constituyen las limitaciones de la analogía. La relación entre el tópico y el análogo puede ser simplemente estructural, es

decir, que se parezcan físicamente, o bien, el análogo y el tópico pueden ser semejantes en el comportamiento (Fernández et al. 2003).

Sierra (1995:179) nos proporciona otra definición de analogía en la que integra la relación de esta con el proceso cognitivo que tiene lugar:

“Analogía es el procedimiento cognitivo que consiste en recurrir a un dominio de conocimiento para conocer o comprender mejor otro dominio total o parcialmente desconocido. Es decir, la analogía es un procedimiento que permite transferir conocimiento de unas áreas a otras, y que se pone en funcionamiento básicamente ante situaciones nuevas, parcial o totalmente desconocidas. Este procedimiento desempeña diferentes papeles en el sistema cognitivo humano: se utiliza en tareas de lenguaje, para favorecer la comprensión; en tareas de aprendizaje, para adquirir nuevos conceptos; en tareas de creatividad, para generar nuevas ideas, y en tareas de razonamiento, para resolver problemas.”

En el modelo constructivista del aprendizaje el alumno desarrolla su propio conocimiento, enlazando nueva información a un concepto previo que ya conoce y le es familiar. Esto es precisamente la base de las analogías que de acuerdo con González (2005), cuando se empleamos una analogía lo que hacemos es comparar una situación conocida por el alumno con otra nueva actuando como puente para relacionar su conocimiento previo con el nuevo conocimiento a aprender a través del proceso mental del razonamiento analógico, el cual permite hacer deducciones y construir hipótesis. Esta es la principal razón por la que el aprendizaje de las ciencias en general y de la química en particular, se facilita empleando analogías.

Thagard (1992) nos dice que una buena analogía debe cumplir tres condiciones: ser pragmática, es decir, que el propósito que la analogía persigue debe estar claro; ser semántica, es decir, el uso de términos con significados semejantes en ambos dominios; y ser estructural, es decir, similitud en las relaciones entre los objetos.

Entre las características que deben tener las analogías y que constituyen un marco de referencia para el presente trabajo, se pueden mencionar:

- Las analogías deben ser más accesibles que la “realidad”; por ello estas tienen que ser más cotidianas, más familiares a los estudiantes.

- Las representaciones visuales son un factor importante para la comprensión de las analogías y, por lo tanto, en la medida en que sea posible su construcción visual, se mejorarán las condiciones para su asimilación.
- Las analogías propuestas deben simplificarse en lo posible (no es recomendable utilizar una analogía compleja donde intervienen muchos factores y variables para presentar una temática específica).

3.2.2.- Objetivos

Las analogías han de cumplir unos objetivos para que su efectividad quede garantizada, según Oliva (2009) son los siguientes:

- Facilitar la comprensión de conceptos abstractos.
- Desarrollar actitudes, normas y valores favorables al aprendizaje de las ciencias
- Desarrollar la creatividad, la imaginación y las aptitudes y actitudes necesarias para el uso crítico de modelos científicos. Optimizar el empleo de los vocablos y su aplicación pertinente.
- Fomentar el pensamiento analógico, el cual permite hacer deducciones y construir hipótesis, inculcando el uso adecuado de la comparación
- Potenciar la motivación del alumnado.
- Alcanzar un aprendizaje significativo de los conceptos y modelos científicos por parte de los alumnos.
- Enseñar a los alumnos la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en su vida cotidiana.
- Fomentar la participación activa de los alumnos en la clase.
- Promover las actitudes necesarias para el trabajo en equipo.

3.2.3.- Fundamentos didácticos y clasificación

Del estudio precedente podemos remarcar que la contribución de las analogías al proceso enseñanza-aprendizaje está fundamentada en los siguientes puntos:

- Vinculan los conceptos y contenidos abstractos con la realidad concreta y con los conocimientos previos del alumno (Dagher, 1994). Otras veces tienen como simple propósito resaltar lo que ya es conocido (Vosniadou, 1994), por lo que

Juegan un papel esencial en la construcción de nuevas representaciones científicas contribuyendo al desarrollo del pensamiento analógico y científico

- Herramienta que se puede utilizar tanto para la experimentación y demostración como para mejorar la comprensión y justificación de las explicaciones (Osborne y Freyberg, 1985).
- Las analogías facilitan al alumno el ver la Ciencia como un “progreso del conocimiento” (Roberts, 1970) reforzando su capacidad imaginativa, su creatividad y su habilidad para establecer vínculos entre los dominios (Bloom, 1992).
- Desarrollan la habilidad de los estudiantes para resolver problemas (Friedel y col. 1990) y comprender textos (Vosniadou y Shommer, 1988)

Glynn (1991) representa el proceso de enseñanza-aprendizaje con el siguiente esquema:



Figura 1: Esquema proceso enseñanza-aprendizaje en el uso de analogías

Dale (1996) propone una clasificación de las analogías atendiendo al medio didáctico empleado. Este autor distingue entre:

- Medios y procedimientos poco simbólicos o poco codificados, en ellos el alumno participa directamente con objetos y materiales reales o con maquetas desmontables, que puede palpar y sentir.
- Observación directa de demostraciones de cátedra por parte del profesor

- Métodos audiovisuales.
- Medios simbólicos compuestos por libros de texto, representaciones gráficas, diagramas...

Existen otros autores que realizan también clasificaciones en función de la forma en la que se presenta dicha analogía, así Oliva (2001a) propone una clasificación de las analogías en dos grupos. Según ésta, pueden considerarse dos tipos de analogías:

- las basadas en modelos figurativos cuyo valor es representacional y,
- las basadas en modelos explicativos cuyo valor es explicativo.

Dentro de la misma línea González (2002) nos propone que la presentación de las analogías se suele hacer según tres formas: analogías pictóricas, analogías verbales y la combinación de ambas, analogías pictórico-verbales. Las analogías pictóricas pueden mostrar objetos reales pero representan situaciones (el análogo) que son diferentes al conocimiento que se describe en el tópico, aunque se corresponde con éste por una serie de semejanzas y relaciones (la trama de relaciones) que vinculan imagen a ideas del texto, de forma que se facilita el aprendizaje y la comprensión del conocimiento. Ésta analogía pictórica puede asemejarse a los modelos figurativos que propone Oliva.

*La analogía pictórica probablemente más conocida es la del sistema solar para explicar el modelo atómico de Rutherford y de Bohr. Las analogías pictóricas tienen la finalidad de ayudar a los estudiantes a visualizar los conceptos o estructuras que se enseñan para que puedan comprenderse. Se fundamentan en la extracción e inferencia de información relevante desde una situación bien conocida, situación a la que alude la analogía pictórica. Las analogías verbales suelen presentarse como una descripción escrita en la que, tras comentar el análogo, se establece la trama de relaciones que tienen con el tópico que se pretende enseñar, dejando al alumno la tarea de imaginar lo que se describe. Este tipo puede asemejarse al explicativo propuesto por Oliva. En las analogías pictórico-verbales, texto e imagen se apoyan mutuamente en la descripción para llevar al alumno a establecer las relaciones entre análogo y tópico y de esta forma transferir conocimiento entre ambos.

Thiele y Treagust (1995) insisten en que el proceso de visualización en el aprendizaje es muy importante, ya que ayuda a la comprensión de tópicos abstractos. Las analogías provocan un proceso de visualización, sobre todo cuando éstas son

pictóricas o pictórico-verbales. En este caso la visualización la aporta una imagen, en forma de dibujo o fotografía. Las analogías verbales requieren que sea el alumno el que aporte su propia visualización. En muchos estudios hechos con análogos verbales, se ha demostrado que el mayor obstáculo en la transferencia analógica está en el acceso espontáneo a un análogo potencialmente útil. Un factor que facilita el acceso al análogo es el grado de similitud superficial entre el análogo y el tópico.

Además de las analogías, en este trabajo se empleó un modelo basado en las mismas para la explicación de la pila Daniell. El modelo empleado se corresponde con un modelo semejante, que representa algunos objetos materiales y el diseño de los procesos que ocurren a nivel microscópico en una pila. El proceso de enseñanza-aprendizaje lleva implícito la comprensión y el razonamiento, y para tal fin, la elaboración de modelos.

3.2.4.- Ventajas y desventajas

Las ventajas que presentan las analogías están asociadas al cumplimiento de los objetivos que se pretenden conseguir con su utilización, y según Orgill y Bodner (2004) podemos enumerar las siguientes:

- La comprensión de conceptos partiendo de lo que ya se conoce y resulta familiar.
- Organizar y estructurar la nueva información analizándola desde una perspectiva diferente.
- Visualizar conceptos abstractos, órdenes de magnitud o fenómenos inobservables.
- Implicación cognitiva y afectiva de los alumnos, mejorando su interés y autoestima a la vez que generan motivación e interés.
- Permiten detectar errores de conceptos que ya fueron enseñados al evaluar los conocimientos previos del alumno

Pero aunque las analogías pueden constituir potentes herramientas para la enseñanza, su uso inadecuado o la diferente acepción que los alumnos presenten en el entendimiento de las analogías dan lugar a algunos riesgos o efectos negativos que los mismos autores mencionan:

- Interpretación mecánica de la analogía sin llegar a captar el mensaje que ésta pretende dejar.
- Interpretación de la analogía como la realidad misma, sin apreciar sus limitaciones.
- Interpretar la analogía de forma errónea dando lugar a errores conceptuales.
- Proporcionar conformidad de comprensión en el alumno que le cohiba a profundizar en el concepto a estudiar.
- La interpretación literal de una analogía puede conducir a un razonamiento rígido que puede provocar dificultades en un aprendizaje posterior.
- A veces el estudiante se queda con el hecho anecdótico antes que el principio o la razón de ser que subyace en la analogía

Oliva (2001) también recoge alguno de los problemas más significativos señalados por diferentes autores que pueden plantear el uso de las analogías:

- A veces el análogo no es suficientemente familiar e incluso en ocasiones resulta tan complejo o más aún que el blanco o tópico. En ocasiones, es frecuente que se comparen situaciones que no parecen semejantes para los alumnos, de ahí que no encuentren los puntos de similitud que establece el profesor.
- No proporcionar un papel activo al alumno cuando se plantea la analogía en clase puede dar lugar a que los alumnos desvirtúen la analogía a sus concepciones alternativas reforzando falsas asociaciones entre dominios.

3.2.5.- Justificación de la importancia del papel activo del alumno

El hecho de que los alumnos participen activamente en la elaboración de una analogía es algo necesario y esencial, ya que cada alumno ha de construir individualmente su propio aprendizaje, guiado por el profesor y por el propio proceso de enseñanza-aprendizaje, Oliva(2005).

El aprendizaje de la ciencia requiere de una evolución que va desde los conocimientos previos del alumno, hacia otros más complejos y acordes con el punto de vista de la ciencia a nivel escolar. En consecuencia, parece haber dos factores claves, como son:

- i. El aprendizaje significativo, base de todo aprendizaje con un mínimo grado de estructuración y que, por tanto, necesita vincular los contenidos que se aprenden con los conocimientos que ya se posee.
- ii. La actividad del alumno, puesto que son los responsables de su propio aprendizaje. Se forma desde el aprender haciendo, tanto labores de tipo manipulativo como en tareas de tipo intelectual. Dicha participación constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procedimientos que son necesarios para el aprendizaje de contenidos de tipo conceptual.

Por tanto, la construcción de significados en el alumno debería ser un objetivo expreso de cualquier enseñanza, también cuando se trata de que éste aprenda por analogía.

3.2.6.- El papel del profesor en la construcción de analogías

Tan importante como el papel activo que el alumno ha de tener durante la elaboración de la analogía es el papel del profesor que ha de guiar el desarrollo de forma constante. El profesor debe verificar si los alumnos hallan la similitud entre el tópico y el análogo, si se percatan de los límites de la analogía, así como evaluar si los estudiantes comprenden la analogía en el sentido deseado. Es necesaria una labor de seguimiento y monitorización a lo largo del proceso.

Esta labor de guía debe hacerse sin cohibir la iniciativa de los alumnos ni la posibilidad de que éstos elaboren sus propias analogías dado que uno de los objetivos del uso de las analogías es desarrollar la creatividad, la imaginación y el espíritu crítico. (Dagher, 1995b). El profesor debe realizar una exhaustiva planificación previa de secuencias de actividades que contribuyan a la construcción de la analogía por parte del alumno. Debe perseguir la interacción continua alumno-profesor a través de una dinámica de la clase basada en la realización y discusión de actividades. La evaluación de las concepciones que van elaborando los alumnos puede hacerse a través de las dudas que éstos manifiestan durante la resolución de las actividades propuestas, de las respuestas que aportan a las preguntas que el profesor plantea durante el desarrollo de la actividad. En resumidas cuentas, es necesaria una participación activa y responsable del alumno en la construcción de la analogía, pero también una estrecha labor de tutorización y regulación de dicho proceso por parte del profesor.

3.2.7.- Criterios para la selección de analogías

Se ha extraído de diferentes fuentes bibliográficas las condiciones que deben cumplir las analogías y que, por tanto, hay que tener en cuenta a la hora de planificarlas.

- El análogo debe ser más accesible que el objeto, debe hacer referencia a una situación más cotidiana y familiar (Duit, 1991)
- La analogía debe ser concreta y, por tanto, debe ser presentada a través de una imagen o de algo que sea tangible. El uso de representaciones visuales es importante en la comprensión de la analogía (Dupin y Joshua, 1990; Duit, 1991).
- El análogo empleado debe ser lo más simple posible.
- La semejanza entre los fenómenos que se comparan debe estar equiparada. Si el objeto y el análogo fueran muy distintos, los alumnos tendrán dificultades a la hora de encontrar las relaciones entre ambos. Pero, si fueran demasiado parecidos la semejanza podría ser tan evidente que no sería estimulante (Duit, 1991)
- Se debe evitar el empleo de análogos en los que los alumnos pudieran presentar actitudes poco favorables (Dagher, 1995b).

3.3.- Planificación de una analogía. metodología

Una vez que se ha estudiado el concepto, los objetivos, la fundamentación didáctica, los problemas que pueden plantear y el papel clave del profesor en el uso en el aula de las analogías se está en disposición de marcar la secuencia de actividades a seguir para la planificación y desarrollo de las mismas.

3.3.1.- Identificación de los conceptos abstractos del tema

Lo primero que el docente debe realizar es la selección de aquellos términos y conceptos relacionados con el tema que procede a explicar y que a los alumnos más les cuesta entender o asimilar para poder reforzarlos con las analogías. A este respecto la experiencia docente ayuda y mucho, pues en base a ese análisis de conocimientos de los alumnos el docente ve de forma precisa y clara la proporción y grado en que ciertos conceptos no son entendidos, llegando hasta el punto de conocer el porqué del pensamiento erróneo.

3.3.2.- Selección de las analogías

Una vez elegidos los conceptos se han de decidir las analogías que serán más apropiadas para que los alumnos alcancen el aprendizaje significativo deseado. Para ello nos basamos en los criterios para la selección de analogías que se han expuesto en el apartado 3.2.7 de este trabajo, destacando principalmente los siguientes:

- El análogo siempre debe ser más asequible al alumno que el tópico, y ser lo más simple posible.
- La analogía debe ser concreta y debe tener un medio de presentación: una imagen, un texto, un video, etc. Siempre algo que sea palpable y se pueda mostrar a los alumnos.
- Los análogos deben tener un único significado y no deben provocar actitudes negativas en los alumnos.

Además de estos criterios, hemos tenido en cuenta otros dos de carácter más práctico:

- La viabilidad para llevar a cabo la analogía, tanto desde el punto de vista económico (presupuesto de los departamentos de Química en los centros) como digital.
- Las analogías utilizadas deben tener una duración adecuada y estar integradas en la planificación para no desestructurar toda la programación en tiempo.

3.3.3.- Momento de presentación de la analogía en el aula

Oliva (2001) y Sunal (2004) consideran que hay tres momentos posibles en el planteamiento de la analogía:

- 1) Cuando la analogía es utilizada como un organizador previo, el concepto se presenta después de la misma.
- 2) Cuando la analogía es utilizada para desarrollar el concepto, éste se enseña con suficiente detalle como para hacer relevante el uso de la analogía.
- 3) Cuando la analogía es utilizada como un elemento para la revisión, el concepto es enseñado con anticipación.

El docente será el que haya de decidir el mejor marco de presentación de la analogía en función de la complejidad que presente el concepto y del grado en el que los

alumnos dispongan de los conocimientos previos necesarios e involucrados en la analogía.

3.3.4.- Fases del desarrollo de la analogía en el aula

Las principales fases que se encuentran en el desarrollo de una analogía son las siguientes (Fernandez, 2005):

- Previamente a la presentación de la analogía se debe hacer un análisis de los conocimientos previos que tienen los alumnos sobre el tópico que se va a tratar, ya que van a ser la base sobre la que se apoya el proceso.
- Tras este paso se presenta el contenido teórico a los alumnos en primer lugar y acto seguido el análogo. La presentación del análogo debe motivar a los estudiantes por su familiaridad y ha de involucrarles en el proceso. En todo momento el profesor debe trabajar como guía ya que se pretende que los alumnos participen de manera activa en ella.
- Conocidos el concepto a tratar y el análogo por los alumnos, se debe profundizar en las características de ambos, teniendo en cuenta el nivel educativo de los alumnos y la relación que tienen con el análogo.
- Posteriormente se buscan las semejanzas y diferencias entre el tópico y el análogo y se establecen relaciones entre ambos, destacando también las limitaciones de la analogía, es decir, aquellos aspectos del análogo no tienen relación con el concepto o viceversa. Esto evitará errores de base que serán muy difíciles de eliminar posteriormente.
- Finalmente se realiza un cuestionario final para evaluar la comprensión del concepto por parte de los alumnos. Además, se puede proponer a los alumnos cumplimentar una encuesta donde manifiesten su opinión en relación al uso de esta herramienta.

4.- APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1.- Contextualización

Todo el estudio y análisis realizado para este TFM sobre la metodología de enseñanza basada en el uso de las analogías pude ponerlo en práctica durante mi período de prácticas externas del Máster, lo cual me permitió pasar por cada una de las fases necesarias que requiere la preparación de las analogías, así como la toma de la decisión del mejor momento para introducirla en el aula.

Paso ahora a describir todo el proceso de elaboración y el desarrollo de la experiencia.

4.1.1.- Descripción del centro

Las prácticas fueron desarrolladas en el Centro Grial ubicado en la calle Ruiz Hernández nº 14 de Valladolid.

La oferta educativa del centro es:

- Bachilleratos (ramas de Ciencias y Tecnología así como Humanidades y Ciencias Sociales.)
- Ciclos Formativos tanto de grado medio (Técnico en Cuidados Auxiliares de Enfermería y Técnico en Farmacia) como de grado superior (Técnico superior de Administración y Finanzas, Técnico superior en Dietética y Técnico superior en Laboratorio de diagnóstico Clínico)
- Formación Profesional Básica

A nivel general el centro cuenta con modernas instalaciones acordes con la exigencia de permanente innovación y calidad. Las instalaciones están al servicio del Proyecto educativo siendo soporte ideal para la innovación pedagógica, ya sea en el ámbito de la estimulación temprana, o en el de la aplicación de las TICs al aula, o en el del aprendizaje del inglés, en la práctica de laboratorio para los alumnos en ciencias o en las experiencias de simulación profesional en Ciclos formativos.

En cuanto a la dotación del material del centro cabe destacar que la biblioteca está abierta durante todo el horario lectivo, momento en que los alumnos pueden estudiar y utilizar una variedad de libros de apoyo para su estudio. Además, el centro posee 3 aulas de informática, incluyendo una serie de ordenadores portátiles que los alumnos

tienen a su disposición siempre para trabajar. También cuenta con 3 laboratorios con sus correspondientes aulas.

Al igual que la mayoría de los centros, el Grial posee reuniones de Claustro, Consejos Escolares, reuniones de Equipo docente, Acción tutorial... pero hay que destacar como aspecto singular que tienen en marcha un proyecto de innovación educativa en el cual todos los jueves se reúne todo el equipo docente y allí se presentan ideas o nuevas formas de metodología, aspectos que son mejorables o cambiables, etc. Por otro lado, también posee una plataforma Moodle propia en la que los profesores, además de colgar ejercicios, material de refuerzo, exámenes..., reflejan también las notas, faltas, comportamientos del alumno y se pueden comunicar directamente con los padres de los mismos.

Otro aspecto destacable es que participa regularmente en convocatorias de concursos (más en Ciclos Formativos, como por ejemplo de administración) y en Olimpiadas para Bachillerato. También cuenta con un grupo de teatro como actividad extraescolar.

4.1.2.- Caracterización del alumnado

El nivel sociocultural de las familias de los alumnos que acuden al centro se caracteriza porque en su mayoría tienen estudios secundarios y existe un alto porcentaje (de al menos un componente en la familia) con estudios universitarios. Por lo que, en general, se puede afirmar que pertenecen a un estrato social de clase media.

Las relaciones entre familia y centro son muy fluidas, ya que el centro cuenta con un portal de padres llamado EDUCAMOS, que es una plataforma virtual en la que pueden ver las notas, las faltas de asistencia de sus hijos y al mismo tiempo mandar mensajes o solicitar reuniones con el profesor que corresponda. Por otro lado, el profesor, a través de los alumnos, también pide reuniones con los padres y generalmente el tutor entrevista al menos una vez a todos los padres durante el curso escolar.

Respecto a la caracterización de los alumnos, la mayoría de ellos tienen expectativas escolares altas porque después de terminar el Bachillerato cursan estudios universitarios y, en un menor porcentaje, ciclos formativos. El porcentaje de los alumnos que abandona los estudios es casi nulo. El centro posee unos resultados casi óptimos de los alumnos que aprueban PAU, con un porcentaje de aprobados entre el

95% y 100%. La tasa de alumnos que repiten curso no llega al 10% y, en su mayoría, son de 2º BACH.

Se observa claramente que los intereses y motivaciones de los alumnos son mayores en 2º de Bachillerato, ya que en este curso tienen más o menos claro lo que quieren estudiar y los alumnos que necesitan notas altas para acceder a la carrera universitaria que desean ponen más intención en las clases de todas las materias. En primero la mayoría solo se interesa por aprobar. Por tanto, y relacionado con esto, se observa que existe un menor hábito de estudio en 1º de Bachillerato que en 2º, donde los alumnos estudian más a diario.

4.1.3.- Unidad didáctica a la que se aplicaron las analogías

La fase de intervención del prácticum comenzó el 18 de Marzo, fecha en la que coincidía el primer día de clase tras los exámenes de la segunda evaluación, y por tanto, se empezaba un tema nuevo. Fue este el principal motivo por el que convenimos que el período de intervención comenzara en esa fecha. La intervención se centra en la asignatura de Química II de 2º de Bachillerato y la unidad didáctica que seguía en el programa y correspondía empezar en la tercera evaluación era “Reacciones de Transferencia de electrones” que correspondía al tema 8 del libro del alumno. El desarrollo de la Unidad didáctica puede verse en el Anexo II.

4.1.4.- Tipos de analogías aplicadas

Atendiendo a la clasificación establecida en el apartado 3.2.3 la mayor parte de las analogías utilizadas en el aula fueron del tipo pictórico, alguna veremos del tipo pictórico-verbal. Todas las analogías empleadas están apoyadas en una imagen con sentido figurativo, de semejanza, que permite explicar el concepto real.

Además de las anteriores, se empleó un modelo basado en analogías para la explicación de la pila Daniell.

Hemos visto en todo el marco teórico de las analogías que el análogo que representan debe corresponder con “algo” cotidiano o conocido para los alumnos, pues es la clave para facilitar la comprensión que se desea. En las analogías aplicadas en el aula ese algo cotidiano se refiere fundamentalmente a los conocimientos previos que los alumnos han adquirido a lo largo de su formación, bien de cursos anteriores o bien del mismo

año, pues están basadas mayormente en reacciones ácido-base, hidráulica, planos inclinados...

4.2.- Selección de analogías

La unidad didáctica “Reacciones de transferencia de electrones” a desarrollar en el prácticum fue un gran reto porque suponía la explicación de un tema fundamental en Química e importante cara a las Pruebas de Acceso a la Universidad. Además, no había sido tratado en cursos anteriores, tal y como figura en el Anexo I que muestra el currículo de bachillerato en Castilla y León.

Los alumnos sí han tratado reacciones de transferencia de protones, es decir, reacciones ácido-base en 1º de Bachillerato y con más profundidad en 2º. No ocurre lo mismo con las reacciones de trasferencias de electrones, a las cuales se enfrentan por primera vez en la asignatura de Química II. Desde este punto de partida y asumiendo todo lo expuesto anteriormente relativo a las analogías y su metodología, se procedió a seleccionar algunos de los conceptos más abstractos del tema y que mayores dificultades presentan en el entendimiento y aprendizaje de los alumnos, para pensar y desarrollar las analogías más convenientes a aplicar durante las explicaciones de la unidad didáctica en el aula. En la selección de las analogías se tuvo en cuenta conocimientos previos de los alumnos, tales como potencial eléctrico, planos inclinados y algunos conceptos de hidráulica que han estudiado en cursos anteriores en la asignatura de Física, así como sus conocimientos de reacciones ácido-base tratados en la unidad didáctica anterior de la asignatura Química II.

A continuación, se presentan las analogías seleccionadas y su relación con los objetivos didácticos descritos en el Anexo II del presente TFM para la unidad didáctica “Reacciones de transferencia de electrones”.

- Analogía para la transferencia de electrones. Objetivo: Identificar las reacciones de oxidación-reducción o redox llegando a comprender que los procesos de oxidación-reducción implican la transferencia de electrones.
- Analogía para los conceptos: reducción, oxidación, agente oxidante y agente reductor. Objetivos: Comprender que la oxidación y reducción son procesos simultáneos. Conocer el concepto de sustancia oxidante y reductora y saber interpretarlo en términos de ganancia y pérdida de electrones.

- Analogía para el par redox. Objetivos: Comprender que son procesos complementarios, no puede haber oxidación sin que se produzca a la par una reducción y saber asociar la variación del número de oxidación con las sustancias que se oxidan o se reducen en un proceso redox.
- Modelo analógico para la pila Daniell. Objetivo: Conocer la estructura y el funcionamiento de la pila Daniell, siendo capaz de establecer los procesos que tienen lugar en sus electrodos.
- Analogía para la diferencia de potencial. Objetivo: Comprender que para producir una corriente eléctrica se requiere una diferencia de potencial eléctrico (o voltaje)
- Analogía para el electrodo de referencia. Objetivo: Reconocer la importancia de elegir un electrodo de referencia para la tabulación de potenciales de electrodo.
- Analogía para la espontaneidad de las reacciones redox. Objetivo: Utilizar tablas de potenciales de reducción estándar para evaluar la espontaneidad de procesos redox.

4.3.- Planteamiento de analogías en el aula

En este apartado se explica con mayor detalle cada una de las analogías que se seleccionaron para su desarrollo en el aula, los conceptos que se pretende que el alumno aprenda y el momento en que se presentan.

ANALOGÍA PARA LA TRANSFERENCIA DE ELECTRONES

El tema comienza con el planteamiento de esta analogía por su similitud con las reacciones ácido - base, puesto que en ambas una o más partículas cargadas son transferidas desde un donador a un receptor. Estas partículas son electrones para las reacciones de oxidación – reducción y protones para las reacciones ácido – base.

Su presentación en el aula se hizo de forma que los alumnos como grupo participaran activamente en recordar lo que sabía del tema anterior, de manera que se lanzaban preguntas al grupo de clase y se conducía el proceso hasta llegar al punto deseado.

En este caso la analogía es muy sencilla y no requiere de muchas preguntas, las que se hicieron a los alumnos fueron:

- 1.- ¿Qué es lo que ocurre, y que todos debéis saber, en las reacciones ácido – base?
- 2.- ¿Qué le pasa a un ácido para transformarse en una base? ¿Y viceversa? ¿Qué partículas se intercambian?

Claramente lo que se busca con estas preguntas es que los alumnos lleguen a la respuesta deseada, la transferencia de protones. Es en ese momento, cuando se les dice que en las reacciones que van a estudiar en la unidad, reacciones de oxidación-reducción, se produce también una transferencia de partículas con carga, los electrones. En una la tabla 1 se identifican el análogo y el tópico, así como sus semejanzas y diferencias:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Reacción ácido- base	Reacción Oxidación-Reducción	Transferencia de partículas subatómicas	En la reacción ácido-base se transfieren protones mientras que las redox se transfieren electrones .

Tabla 1: Componentes del análogo y el tópico. Analogía de transferencia de partículas

ANALOGÍA PARA LA REDUCCIÓN, OXIDACIÓN, AGENTE OXIDANTE Y AGENTE REDUTOR

Los conceptos oxidación y reducción, agente oxidante y agente reductor son claves para comprender la transformación que sufren los compuestos y elementos debido a la pérdida o ganancia de electrones. Estos conceptos no son fáciles de comprender, especialmente por los alumnos de 2º Bachillerato que se enfrentan por primera vez a ellos.

Una vez explicados cada uno de los conceptos, para facilitar su aprendizaje se les plantea la analogía figurativa, obtenida de “Making Chemistry Fun to Learn” de Wu y Foos .

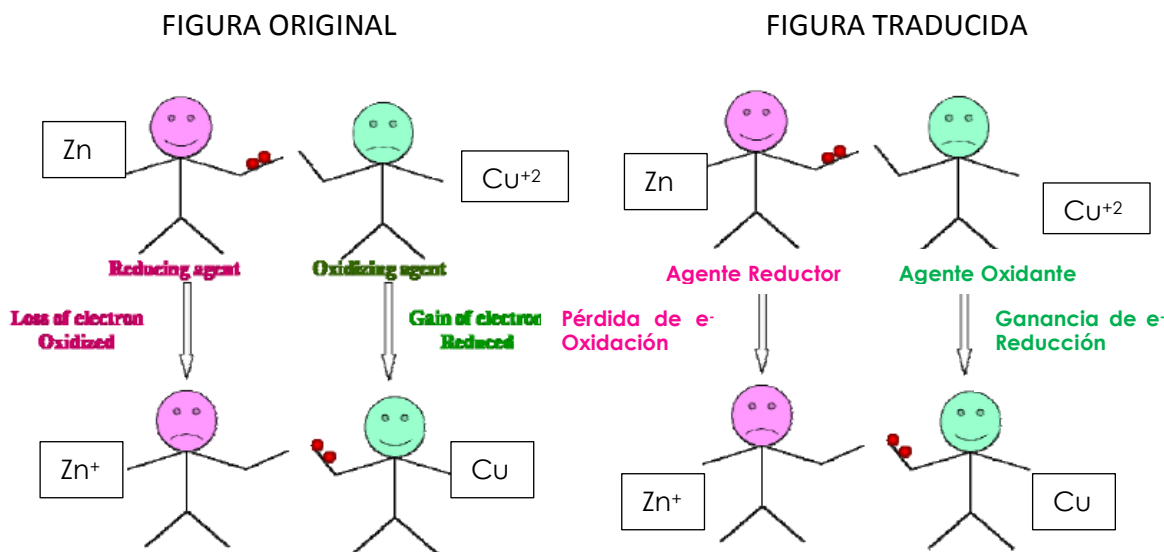


Figura 2: Redox. Chun Wu

La figura 2 representa la naturaleza de las reacciones oxidación–reducción, en las cuales los electrones son donados desde el agente reductor al agente oxidante. Los electrones están representados por dos bolitas rojas que pasan de una mano a otra de los dibujos animados. El dibujo animado que posee al final los electrones está asociado a una cara alegre con sonrisa, porque los ha ganado, y en cambio aquellos que no los tienen porque los han perdido están tristes. Por tanto, la oxidación – reducción puede plantearse según este esquema como una “lucha o pelea” por los electrones, en la que elemento que gana es el que gana los electrones (por eso están alegres), esa ganancia de electrones es la captación de los electrones que el otro elemento pierde. Pero ¿qué le pasa a una sustancia que gana electrones? Que se reduce, con lo que podemos afirmar que GANA quien se REDUCE.

El dibujo apoya visualmente cada concepto de los que se han visto: si nos fijamos en el agente reductor inicial está contento porque tiene los electrones y está enfrentado al agente oxidante que está triste porque no los tiene. Cuando comienza la “pelea”, que es la reacción redox, los electrones pasan a manos del que estaba triste y que ahora está contento por haber ganado los electrones. Esto quiere decir que el agente oxidante en el proceso redox se ha reducido y ganado esos electrones, representando así la semirreacción de reducción. En cambio, el agente reductor inicialmente contento, termina la batalla sin los electrones, triste. Esto quiere decir que ha perdido electrones y se ha oxidado, representa la semirreacción de oxidación. Así se puede

concluir que el agente reductor es el que hace que otro se reduzca (en este caso es el agente oxidante quien se reduce al ganar los electrones), y que el agente oxidante es responsable de que otro se oxide (en este caso es responsable de la oxidación del agente reductor). Con esta analogía el alumno puede comprender que los procesos de oxidación y reducción no se producen por separado, sino que ocurren simultáneamente. Esta idea es fundamental para entender las reacciones redox.

Todo esto que se ha explicado sobre el significado del dibujo se plantea en clase como preguntas guiadas a los alumnos:

- ¿Qué vemos en la figura? ¿Qué tienen los dibujos en sus manos?
- ¿Qué ocurre a los muñecos que tienen los electrones? ¿y a quién no los tiene? ¿Por qué sonrían o están tristes?
- ¿Cuál es la función del agente oxidante? ¿De qué es responsable? ¿Y a del agente reductor?

Las limitaciones de esta analogía son claras y se insistió en que los electrones no son bolas y mucho menos tienen color rojo (ni ningún otro), y que los agentes no son como personas, sino que son átomos o moléculas presentes en la reacción.

Esta analogía resultó muy interesante pues en cuanto se mencionó la palabra “lucha” o “pelea” por los electrones algo despertó en los alumnos y su reacción fue la de mostrar mayor interés por lo que iban a escuchar, lo que les pone en disposición de prestar mayor atención y ser más participativos. Durante el desarrollo de la analogía hicieron preguntas como:

- ¿El que se reduce gana? ¿Pero eso cómo va a ser?
- ¿Y siempre se pelean? ¡pues será divertido!

En la tabla 2 se exponen el análogo, el tópico así como sus semejanzas y diferencias:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Muñecos de diferente color	Átomos, moléculas o iones implicados en la reacción redox		Los colores de las figuras no representan los colores reales de las partículas químicas. Los átomos alojan a los e ⁻ en orbitales, no en "brazos".
Bolas rojas	Electrones		Los electrones no tienen color y tampoco son bolas, su tamaño real resulta invisible al ojo humano.
Muñeco que pierde las bolas rojas	Especie oxidada/Agente reductor	Pérdida de bolas del muñeco vs pérdida de electrones en la oxidación	Los electrones pasan del orbital de un átomo a orbitales de otro, no de "brazo" a "brazo"
Muñeco que gana las bolas rojas	Especie reducida/Agente oxidante	Ganancia de bolas para el muñeco vs ganancia de electrones en la reducción	Los electrones pasan del orbital de un átomo a orbitales de otro, no de "brazo" a "brazo"

Tabla 2: Componentes del análogo y el tópico. Analogía de términos Redox

ANALOGÍA PARA EL PAR REDOX

Un aspecto importante de las reacciones redox es que presentan pares conjugados de manera análoga a los pares ácido-base. Así, para introducir el concepto par redox, de nuevo se hizo alusión a lo que los alumnos ya conocen y tienen reciente que es el par ácido-base conjugado. La metodología empleada sigue las pautas expuestas en el apartado 3.4.4. de esta memoria, de forma que lo primero fue realizar el análisis de sus conocimientos sobre el análogo, a la vez que se guía el proceso para ir introduciendo el tópico.

Las preguntas realizadas al grupo general de la clase fueron:

- ¿Qué le pasa a un ácido cuando cede un protón? ¿En qué se convierte?
- ¿Cuál es la base conjugada de un ácido fuerte? ¿Y de una base fuerte?
- ¿Qué creéis que va a ocurrir con los agentes oxidantes y reductores?

De esta forma, se alcanza el punto deseado por razonamiento analógico de los propios alumnos, contribuyendo a su aprendizaje significativo.. El conocimiento que se pretende que el alumno adquiera con esta analogía es:

“Cuando un ácido dona un protón, se convierte en su base conjugada, que es capaz de aceptar o captar dicho protón. Por analogía, cuando una sustancia reductora dona un electrón, se convierte en una sustancia oxidante que es capaz de captar dicho electrón. Así, podemos escribir:

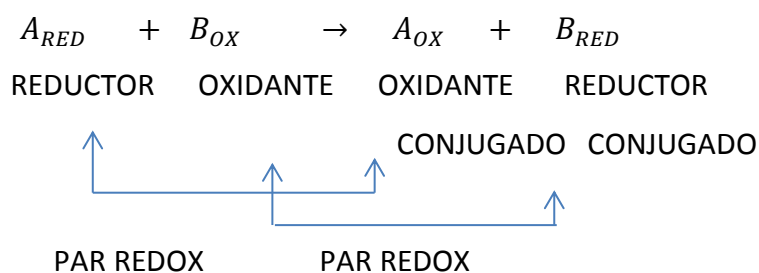
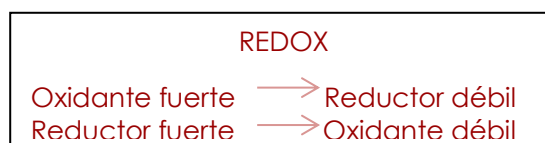
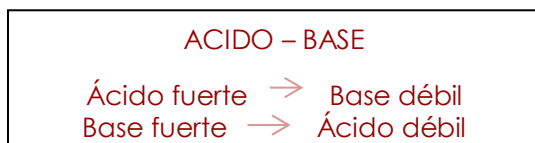


Figura 3: Pares Redox

A cada agente oxidante le corresponde un agente reductor y a cada agente reductor le corresponde un agente oxidante.

Con esta analogía se pretende que los alumnos sean capaces de identificar los agentes oxidante y reductor en una reacción redox. Los agentes oxidante y reductor que aparece en lados opuestos de las semirreacciones constituyen un par redox, que son análogos a los conjugados ácido–base comportándose manera similar. En un par redox, cuanto más fuerte es el oxidante, más débil será el reductor. También al contrario, cuanto más fuerte sea el agente reductor, más débil será su oxidante.



Esta analogía presenta pocas limitaciones, lo único que hay que insistir es que tengan claro cuando se transfieren protones y cuando electrones y que el resultado final de la reacción es diferente pero no así el comportamiento de cada uno de los elementos que participan. La analogía es del tipo verbal.

En la tabla 3 se exponen el análogo, el tópico así como sus semejanzas y diferencias:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Ácido – Base conjugados	Pares redox, es decir, oxidantes y reductores conjugados	Del mismo modo que cada ácido tiene su base conjugada (Y viceversa), cada agente reductor tiene su agente oxidante conjugado (y viceversa). Cada elemento conjugado aparece en un lado de la reacción en ambos casos.	Lo único que varía es el tipo de partícula que se intercambian en cada uno de los procesos: Ácido-base: protones Redox: electrones
El conjugado de un ácido fuerte es una base débil	El conjugado de un oxidante fuerte es un reductor débil	La relación que tiene lugar entre pares conjugados es exactamente la misma	
El conjugado de una base fuerte es un ácido débil	El conjugado de un reductor fuerte es un oxidante débil	La relación que tiene lugar entre pares conjugados es exactamente la misma	

Tabla 3: Componentes del análogo y el tópico. Analogía de pares redox

MODELO ANALOGÍA PARA LA PILA DANIEL

La siguiente analogía constituye el modelo analógico construido con el fin de hacer entender mejor a los alumnos el comportamiento y funcionamiento de una pila, ese elemento tan cotidiano para ellos, a nivel microscópico. El modelo analógico desarrollado en este trabajo está basado en la experiencia de Huddle y White (2000). A esta analogía se le dedica un apartado específico en el presente TFM por haberle dedicado más tiempo, tanto de preparación, como en el aula y porque requiere mayor participación e involucración del alumnado. Se desarrolla con detalle en el punto 4.4.

ANALOGÍA PARA EL POTENCIAL DE LA PILA

Uno de los conceptos fundamentales que se ha de explicar en las pilas Daniell es el potencial de la pila. A pesar de hablar de potencial, realmente lo que se mide o expresa es una diferencia de potencial. Para facilitar el entendimiento de este concepto lo que se hizo fue plantear un símil hidráulico que facilita a los alumnos el

comprender que realmente una pila funciona porque existe una diferencia de potencial entre sus electrodos.

El planteamiento de la analogía en el aula sigue la metodología ya descrita anteriormente, promoviendo la participación de los alumnos. En primer lugar se presenta la figura 4, a la cual le siguen unas preguntas que se lanzan al grupo general de la clase para que los alumnos vayan alcanzando las conclusiones que se buscan con esta analogía.

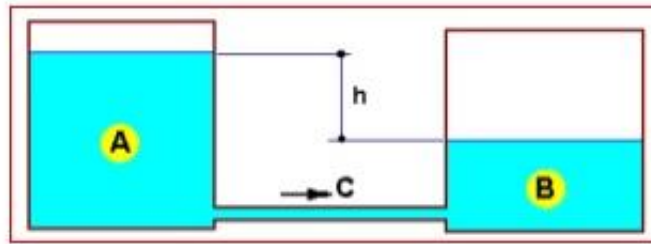


Figura 4: Analogía hidráulica

- Si tenemos dos depósitos de agua conectados por un tubo, donde el depósito A tiene mayor nivel de agua que el B, ¿Qué es lo que va a ocurrir?
- ¿Cuál es el sentido de la corriente? ¿Desde qué punto hasta qué punto va el flujo de agua? ¿Por qué?
- Qué pasaría si los dos depósitos tuvieran el mismo nivel? ¿Habría flujo o corriente de agua?

Extrapolando este símil a una pila: Podemos hacer una analogía entre la corriente de agua que tiene lugar entre los dos depósitos y la corriente eléctrica de la siguiente manera. Para que fluya el agua de A a B, se requiere una diferencia de presión dada por la altura de la columna de agua (h) en los depósitos. Análogamente, para producir una corriente eléctrica (generada por el flujo de electrones) se requiere una diferencia de potencial eléctrico (o voltaje) entre dos puntos. Las cargas eléctricas corresponden al agua y la diferencia de potencial eléctrico (o voltaje) al desnivel entre los recipientes. El flujo de agua depende del desnivel entre los recipientes, del mismo modo que la corriente eléctrica depende de la diferencia de potencial. Si los dos depósitos tuvieran el mismo nivel de agua no se produciría flujo entre ellos. Análogamente si los dos electrodos tuvieran el mismo potencial no existiría diferencia entre ellos y no existiría flujo de electrones, es decir, la pila no funcionaría.

Esta analogía hidráulica puede hacerse extensiva para explicar conceptos como la intensidad de corriente y la resistencia en circuitos eléctricos, pero estos conceptos no son tratados en el estudio de las reacciones objeto del tema en redox.

Las limitaciones de esta analogía son las siguientes:

- La pila mantiene una diferencia de potencial constante entre sus bornes, mientras que el desnivel de agua es continuamente variable.
- Puede causar confusión dado que la corriente eléctrica es un movimiento de partículas cargadas mientras que la corriente de agua sí es movimiento de partículas sin carga, moléculas.
- Los alumnos pueden asociar la circulación de la corriente a una sola rama del circuito que conforma una pila.

A continuación se recoge la tabla 4 de los componentes de la analogía:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Depósitos de agua	Electrodos de la pila		Los electrodos no funcionan como depósitos de almacenamiento. Simplemente permiten la transferencia y flujo de electrones y partículas.
Diferencia del nivel de agua entre los depósitos	Diferencia de potencial entre los electrodos	La diferencia de nivel entre los depósitos es lo que permite que exista flujo o corriente de agua entre ellos, al igual que la diferencia de potencial permite el flujo de electrones entre los electrodos, A mayor diferencia de potencial mayor capacidad de los electrones para fluir.	Entre los depósitos el flujo es de agua mientras que en la pila el flujo es de electrones.
Flujo de agua	Corriente eléctrica		El flujo de agua se debe al movimiento de partículas sin carga, mientras que la corriente eléctrica se debe al movimiento de partículas con carga.

Tabla 4: Componentes del análogo y el tópico. Analogía hidráulica para potencial eléctrico

ANALOGÍA PARA EL ELECTRODO DE REFERENCIA

Tras la explicación teórica de la pila Daniell y la experiencia con el modelo, se le hace ver al alumno que combinando de diferente manera distintos electrodos puede obtenerse miles de posibles pilas galvánicas. Sin embargo, no es necesario determinar la diferencia de potencial de todas las pilas, sino simplemente el potencial de los electrodos que pueden combinarse para formar esas pilas. En este punto se plantea a los alumnos la conveniencia de disponer de una tabla con potenciales de electrodos y el problema de que sólo podemos medir la diferencia de potencial de la pila, no la contribución de un solo electrodo. La solución está en elegir un electrodo como referencia y asignarle un potencial cero.

Se utilizó una analogía para que los alumnos comprendieran la necesidad de elegir un electrodo de referencia para construir la tabla de potenciales de reducción. En este caso el análogo es la altitud de las ciudades. Todos conocemos que esta altitud es relativa, es decir, que se refiere a un cero determinado, que es el nivel del mar. Si en lugar del nivel del mar se tomara otro punto como 0, como por ejemplo la cima del monte Everest, los valores relativos de las altitudes de las ciudades cambiarían, pero no sufriría ninguna variación la diferencia de altitud entre las ciudades. Esto mismo ocurre con los potenciales de reducción de los electrodos que conforman una pila, no importa tanto su valor absoluto (ni el cero escogido) sino la diferencia entre ambos, que es lo que va a determinar el potencial de la pila. En la tabla 5 se recogen los componentes de esta analogía:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Nivel del Mar	Electrodo de Hidrógeno	Ambos representan el valor 0 en la escala que se establece por convenio para comparar unos elementos a otros	El nivel del mar establece el 0 para las altitudes de las ciudades mientras que el electrodo de hidrógeno establece el 0 para los potenciales estándar de reducción.
Diferencia de altitud entre ciudades	Diferencia de potencial	Cuando comparamos altitudes de ciudades lo que nos interesa es la diferencia que existe entre ellas. Lo mismo ocurre cuando comparamos elementos que componen una pila, lo que realmente nos dará idea del potencial de la pila será la diferencia de potencial entre sus electrodos y no tanto el valor aislado de cada uno de ellos.	

Tabla 5: Componentes del análogo y el tópico. Analogía de electrodo de referencia

A continuación se les explicó el significado de la tabla de potenciales de reducción, en la que se muestran semirreacciones de reducción y sus potenciales de electrodo, respecto a un potencial 0, asignado por convenio al electrodo de hidrógeno. Esta tabla es una herramienta muy útil para determinar la fuerza relativa de agentes oxidantes y reductores.

ANALOGÍA PARA LA ESPONTANEIDAD REACCIONES REDOX

Cuando se presentan en clase los tipos de reacciones redox se realiza una clasificación atendiendo a si el proceso es espontáneo o no. Los alumnos han estudiado la espontaneidad de las reacciones químicas a través de la energía de Gibbs de reacción en la unidad didáctica “Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas” de este curso (Anexo I). Pero en este nivel educativo no se entra en consideraciones de la variación de la energía de Gibbs de una reacción redox, sino que simplemente se menciona que las reacciones espontáneas

serán las que se producen en las pilas voltaicas mientras que las no espontáneas darán lugar a la electrólisis.

Con la intención de que el alumno sea capaz de utilizar la tabla de potenciales de reducción para predecir la espontaneidad de una reacción redox, se presentó una analogía que puede entender fácilmente por emplear conceptos de física que conoce de cursos anteriores. Se trata de comparar lo que le ocurre a un cuerpo sobre un plano inclinado con los potenciales de los agentes oxidantes y reductores. La analogía es del tipo figurativo que requerirá de un pensamiento analógico por parte de los alumnos. Se presenta en el aula de la siguiente manera:

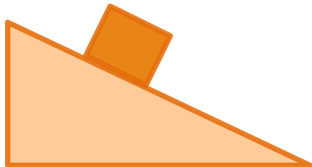


Figura 5: Plano inclinado

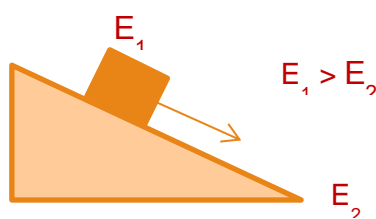


Figura 6: Analogía espontaneidad de reacciones

1.- Planteamiento del análogo

Imaginaos un plano inclinado (Figura 5) con un cuerpo sobre él:

- ¿Qué le pasa al cuerpo? ¿Cuál será su tendencia natural o espontánea sobre el plano inclinado?
- ¿Por qué? ¿Qué es lo que ocurre?

2.- Razonamiento

La tendencia natural o espontánea del cuerpo es a deslizarse hacia abajo debido al cambio de energía en el sistema de una forma favorable, es decir, que el cuerpo se desplaza desde un punto de mayor energía potencial a otro de menor energía en busca del equilibrio, el cual encontrará al final del plano inclinado, que es donde tiene el menor valor de su energía potencial (figura 6)

3.- Introducción del tópico

La dirección o espontaneidad de una reacción química es análoga a la dirección de caída del bloque que se desliza, y la posición de equilibrio químico es análoga a la posición del bloque en el final del plano inclinado. De forma que si nos fijamos en la tabla de potenciales de reducción (figura 7), donde se representan los agentes oxidantes y reductores ordenados de mayor a menor capacidad, es decir, de fuertes a

débiles, podemos establecer que encontraremos reacciones espontáneas cuando reaccione un oxidante fuerte con un reductor fuerte, dado que la línea o flecha que los une representa un plano inclinado hacia abajo, favorable para que se produzca ese cambio de energía de forma espontánea o natural. Lo importante aquí es tener cuidado con la dirección del plano inclinado que viene determinada por un incremento de potencial positivo, es decir, mayor que 0. En el plano inclinado $E_1 > E_2$ por lo que el resultado final es un $\Delta E = E_1 - E_2 > 0$. Análogamente para la reacción redox tendremos que $E_{\text{oxidante}} > E_{\text{reductor}}$, lo que nos da un $\Delta E > 0$ responsable de que el proceso tenga lugar. En cambio, si nos fijamos en la figura 8 vemos como si la reacción tuviera lugar entre un oxidante débil y un reductor débil la línea que los une dibuja un plano inclinado ascendente que no puede subirse de una forma espontánea, se necesitaría un aporte exterior de energía para subir por ese plano inclinado. Estas serán reacciones no espontáneas. En este caso el ΔE resultante es menor que 0.



Figura 7: Reacción espontánea

Figura 8: Reacción no espontánea

Las limitaciones de la analogía vienen dadas por la diferente naturaleza de los componentes del sistema, pues en el análogo se produce un movimiento de un cuerpos físico, visible y palpable, mientras que en la reacción se produce una transferencia de electrones entre átomos o moléculas, algo más abstracto para el alumno. En la tabla 6 se reflejan los componentes de esta analogía:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Línea que determina el plano inclinado	Línea que une oxidantes con reductores en la tabla de potenciales de reducción	Ambas líneas determinan la dirección del cambio espontáneo	
Diferencia de energía potencial positiva.	Diferencia de potencial positiva	Proceso espontáneo	
Diferencia de energía potencial negativa.	Diferencia de potencial negativa	Proceso no espontáneo	

Tabla 6: Componentes del análogo y el tópico. Analogía de espontaneidad de reacciones Redox

4.4.- Experiencia del modelo de analogía para la pila Daniell

4.4.1.- Diseño del modelo

Uno de los elementos más cotidianos para todos nosotros es una pila, pero su funcionamiento, qué es lo que ocurre en su interior a nivel microscópico, es uno de los conceptos más abstractos de la química y que, por tanto, supone mayor dificultad de aprendizaje para los alumnos. Esta dificultad principalmente radica en que las partículas (iones y electrones) no son visibles para el ojo humano y hay que “imaginarlas”. Por esta razón se quiso insistir de forma especial en este punto desarrollando un modelo analógico de una pila que permitiera a los alumnos involucrarse, mediante el “juego” del símil de una pila Daniel, manipulando ellos mismos sus componentes a la vez que asimilan el funcionamiento y comportamiento de cada uno de ellos.

Se utilizó un modelo de pila Daniell con membrana semipermeable para completar el circuito y demostrar el mantenimiento de la neutralidad, en lugar de un puente salino. La utilización del modelo con membrana semipermeable es mucho más simple, lo que permite a los alumnos entender la misión que desempeña y extrapolarlo después al puente salino, entendiendo que éste contiene iones diferentes a los que componen los electrolitos. Una vez los estudiantes han asimilado el concepto del mantenimiento de la neutralidad eléctrica en cada celda con la membrana semipermeable, el puente salino puede ser introducido.

El modelo consiste en dos compartimentos unidos como muestra la figura 9:



Figura 9: Modelo de analogía Pila Daniell

Figura 10: Elementos del modelo

Se usaron tablas de madera para simular la separación de cada electrodo de su solución electrolítica, de forma que para los alumnos fuera más fácil detectar visualmente la representación de los electrodos. La membrana semipermeable es otra tabla de madera con dos agujeros que permite el paso de las bolas a través de ella. Un “pasillo” de madera conecta en la parte superior el ánodo con el cátodo, permitiendo el flujo de los electrones, representados por chinchetas de plástico. Las bolas de plástico representan tanto iones como átomos; en el modelo tienen el mismo tamaño, lo que permite diferenciarlos es el color. Los componentes que representan las partículas en el modelo-se muestran-en la figura 10.

La disposición de las partículas en el modelo es la que se muestra en la figura 10: átomos de zinc en el ánodo, 4 cationes de zinc en la disolución de la celda de la izquierda junto con los 4 aniones sulfato para partir con la neutralidad necesaria, átomos de cobre en el cátodo y 7 cationes de cobre en la disolución del compartimento de la derecha junto con otros 7 iones sulfato que proporcionan la neutralidad de esta disolución. En el pasillo se muestran los electrones que han de ir pasando de un electrodo a otro.

El diseño resalta lo que ocurre dentro y fuera de la pila, de forma que los estudiantes puedan asimilar que los electrones se mueven siempre por el circuito externo y los iones en el interior de la pila.

4.4.2.- Funcionamiento del modelo

Se toma una bola azul con dos chinchetas (un átomo de zinc) del electrodo de zinc, se quitan las chinchetas (los dos electrones de valencia) y se sitúan en el pasillo superior (conductor metálico). La bola azul sin las dos chinchetas (el catión resultante de zinc) pasa al compartimento de la izquierda (disolución). A continuación, se cogen dos chinchetas (electrones) del pasillo superior, se llevan al electrodo de cobre y se insertan en una bola verde (catión de cobre) tomada de la disolución del compartimento de la derecha. Finalmente, la bola verde con las dos chinchetas (átomo de cobre) se sitúa pues en el compartimento del electrodo de cobre.

La atención de los estudiantes debe captarse de forma que se fijen en que ahora en la disolución de zinc hay 5 iones Zn^{+2} y 4 iones SO_4^{-2} en la disolución electrolítica de la izquierda. Para reestablecer la neutralidad o bien un ión sulfato tendría que atravesar la membrana semipermeable de la derecha a la izquierda, o bien un ión de zinc debería cruzarla en la dirección contraria. Cualquiera de los dos procesos reestablecería la neutralidad eléctrica.

Los alumnos deben prestar especial atención a que cuando los dos electrones llegan al otro electrodo y se unen a un catión de cobre de la disolución pasando a formar el átomo de cobre que se inserta en el electrodo. Esto hace que en la disolución de cobre sólo queden 6 cationes Cu^{+2} y 7 iones SO_4^{-2} , lo que descompensa de nuevo la neutralidad. Por eso se les dice que una vez posicionados los cationes en sus lugares finales tras el proceso, se pasa a reestablecer el equilibrio de carga de cada disolución, de forma que del compartimento de la derecha (que sobra un ión sulfato) se pasa a través de la membrana semipermeable al de la izquierda donde falta ese ión, reestableciéndose así la neutralidad en ambas semiceldas.

En imágenes el proceso podría representarse como:

ETAPA 1: PÉRDIDA DE ELECTRONES DEL ÁTOMO DE ZINC

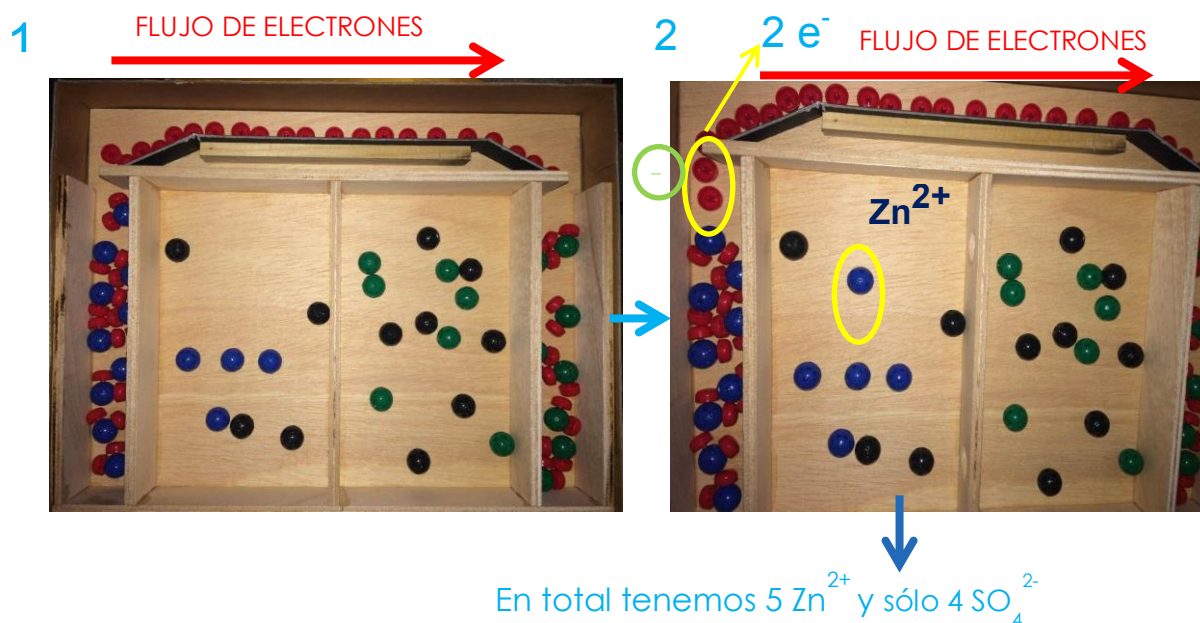


Figura 11: Etapa 1 en el funcionamiento del modelo

ETAPA 2: LOS ELECTRONES PASAN AL CÁTODO Y SON CAPTADOS POR EL CATION COBRE PARA FORMAR EL ÁTOMO QUE SE QUEDA EN EL ELECTRODO

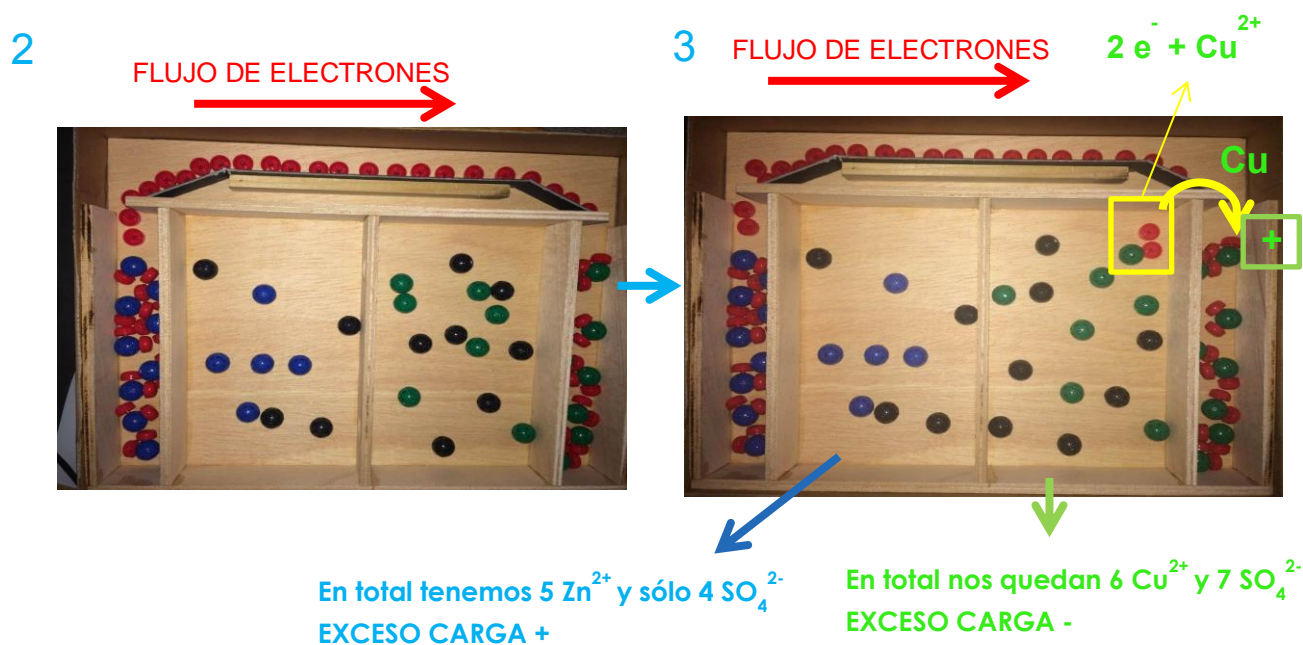
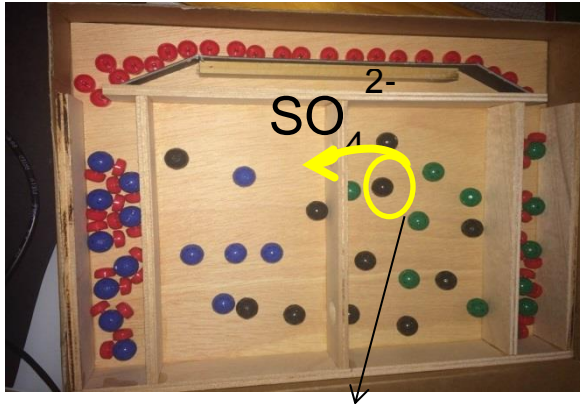


Figura 12: Etapa 2 en el funcionamiento del modelo

ETAPA 3: NEUTRALIZACIÓN DE CARGAS. ACTUACIÓN DE LA MEMBRANA SEMIPERMEABLE

4



Los e^- circulan por el exterior de la pila mientras que en el interior de la pila lo único que se mueven son iones

Un SO_4^{2-} pasa a la disolución del Zn para proporcionar la neutralidad en cada disolución electrolítica

Figura 13: Etapa 3 en el funcionamiento del modelo

4.4.3.- Alcance y limitaciones del modelo

Las limitaciones que presenta el modelo son las siguientes:

- En la realidad los diámetros de los átomos de cobre y zinc son muy parecidos mientras que los iones sulfatos son considerablemente más grandes. También los cationes de zinc y cobre son más pequeños que sus respectivos átomos. El modelo no reproduce estas diferencias de tamaños.
- En el modelo no se representan las moléculas de agua que en la realidad están presentes en las celdas electrolíticas debido al gran número de bolas que se necesitaría para representarla en cada semicelda.
- Los átomos en la naturaleza no tienen colores, aunque en el modelo éstos nos permiten diferenciar cada tipo de átomos o iones.
- La principal limitación del modelo es que las acciones que tienen lugar ocurren de forma secuencial en lugar de simultánea como es en la realidad.

En nuestra experiencia, las bolas disponibles tenían agujeritos por toda la superficie que se utilizan para albergar a los electrones, pero sólo son necesarios dos agujeros en cada bola. El resto no se van a emplear, no debe confundirse cada agujero con la

capacidad para aceptar un electrón. A continuación se presenta la tabla 7 con los componentes para el modelo analógico:

ANÁLOGO	TÓPICO	SEMEJANZA	DIFERENCIA
Bolas de colores con agujeros	Iones		Los iones no tienen colores, ni tienen agujeros donde situar a los electrones. El tamaño de las bolas no corresponde con el tamaño real de los iones que son microscópicos.
Bolas con chinchetas	Átomos		De nuevo el tamaño, color y modo de unión entre bolas y chinchetas no corresponde con la realidad
Chinchetas	Electrones		Ni tienen color rojo, ni forma de chincheta.
Tabla de división de celdas	Membrana semipermeable	La tabla de madera permite el paso de las bolas a través de ella al igual que la membrana semipermeable permite el paso de los iones.	La membrana porosa permite el paso de iones a través de ella en cualquier punto no por agujeros realizados en ella.
Pasillo superior	Conductor eléctrico	Constituyen la vía a través de la cual se mueven los electrones desde el ánodo al cátodo.	En el pasillo superior el movimiento se produce a nivel macroscópico mientras que en el conductor no podemos verlo.
Compartimentos	Electrolitos y electrodos	Representan los dos recipientes que contienen los electrolitos. Dentro de éstos se encuentran los electrodos.	En el modelo los electrodos parecen estar separados de los electrolitos, esto es solo para poder diferenciarlos visualmente. En la realidad están plenamente en contacto.

Tabla 7: Componentes del análogo y el tópico. Modelo analogía pila Daniell

La mayor parte de los puntos que conforman el alcance del modelo se exponen en el apartado siguiente de este TFM dentro de la puesta en común del modelo con los alumnos, donde resulta esencial su desarrollo, evitando aquí su repetición. Tan sólo destacar aquí las siguientes:

- El modelo puede hacerse extensivo a la explicación del funcionamiento de celdas electrolíticas y la recarga de baterías, haciendo desaparecer la membrana semipermeable y formando una sola celda electrolítica e el modelo.
- El punto más fuerte del modelo es su simplicidad

4.4.4.- Desarrollo en el aula

En este apartado del TFM se explica con detalle la exposición y desarrollo del modelo de analogía seguido en el aula. Los pasos seguidos son los explicados y desarrollados en el apartado 3.4.4.

Lo primero que se hizo fue evaluar los conocimientos previos de los alumnos en referencia al tópico que se va a tratar. Para ello se pasó un pre-test que permite además conocer la existencia o no de errores conceptuales. Es un tema complicado para evaluar los conocimientos previos, pues como se ha dicho anteriormente muchos conceptos y términos usados son nuevos para los alumnos ya que no los han visto con anterioridad. El Prestes se expone a continuación:

CUESTIONARIO REDOX Y PILAS

CURSO:

FECHA:

- 1.- ¿Sabrías decir qué es la carga iónica de un elemento?
- 2.- ¿Qué ocurre con dos partículas cargadas del mismo signo?
- 3.- ¿Sabes que es la electronegatividad de un elemento?
- 4.- ¿Qué es el número de oxidación y cómo lo calculas?
- 5.- ¿Qué significa que un elemento cambie su número de oxidación?
- 6.- ¿Cómo sabes si una reacción química es espontánea? ¿Qué ocurre con la energía de Gibbs en ese tipo de reacciones?
- 7.- ¿Conoces los términos de diferencia de potencial eléctrico y fuerza electromotriz?
- 8.- Algo que conoces muy bien y que seguro usas a menudo son las pilas, pero ¿sabes cómo funciona? ¿En qué se basa su funcionamiento?
- 9.- ¿Sabes cuántos polos tiene una pila y lo que representan?
- 10.- ¿Sabrías decir qué metales forman una pila y cómo se eligen?

Dicho cuestionario se realizó al grupo general de la clase y se le dedicó 15 minutos para su desarrollo. El cuestionario fue anónimo con el fin de garantizar la sinceridad de

los alumnos en sus respuestas y para que ellos tuvieran total seguridad en que dicho test no formaba parte de su evaluación.

Algunas de los errores detectados en las respuestas de los alumnos fueron:

- *“La electronegatividad es la capacidad de un átomo para ceder electrones” (en lugar de para captarlos)*
- *“El número de oxidación es el indicador del grado de oxidación de un átomo que forma parte de un compuesto”.*
- *“El número de oxidación es la valencia compuesta, se calcula multiplicando por 2 la que está con el oxígeno y dividiendo lo que te da por lo que está con el compuesto”*
- *“La diferencia de potencial es la diferencia de iones y cationes”*
- *“la diferencia de potencial es la diferencia de energía entre reactivos y productos”*
- *Hubo respuestas en las que se incluía la propia pregunta como respuesta: “es la diferencia de potencial entre dos elementos”*
- *La parte de las pilas fue contestada por muy pocos alumnos y los que lo hicieron tan sólo señalaron que las pilas tienen dos polos, uno + y otro -.*

Una vez detectadas las deficiencias comenzaría la explicación teórica de las reacciones redox, aplicando las analogías desarrolladas en el apartado 5.3. de este TFM hasta llegar a la pila Daniell. Cuando se alcanzó este punto, se explicó gráfica y teóricamente la Pila Daniell. Los alumnos suelen tener dificultades para recordar los procesos que tiene lugar en cada uno de los electrodos que componen una pila. Para facilitar este aprendizaje se buscó una regla nemotécnica que les llamara la atención y de esa forma pudieran recordar la función de cada electrodo en una pila. La imagen elegida fue la siguiente (figura 14):

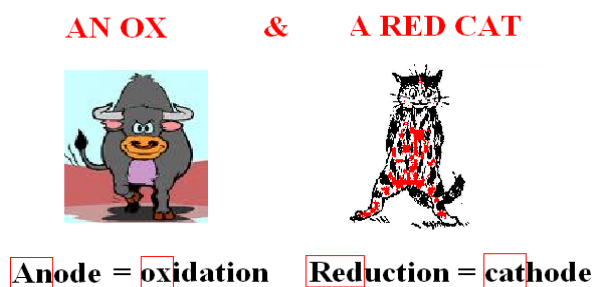


Figura 14: Regla mnemotécnica para electrodos

La imagen está en inglés pero son animales y nombres muy conocidos por los alumnos, por lo que no se vio la necesidad de buscar su homólogo en castellano.

Es una forma muy ilustrativa que sin duda les sirvió para recordar cada tipo de electrodo y lo que ocurre en cada uno de ellos.

Además de la imagen, que ya es representativa, se añadió otra regla nemotécnica y es que:

ÁNODO = OXIDACIÓN \longrightarrow EMPIEZAN POR **VOCAL**

CÁTODO = REDUCCIÓN \longrightarrow EMPIEZAN POR **CONSONANTE**

Una vez finalizó la explicación comenzó la fase de desarrollo en el aula del modelo; para ello, la clase de 36 alumnos se dividió en grupos de 6, y como se disponía de dos modelos de pila Daniell, fueron dos grupos los que trabajaron simultáneamente. De esta forma, el día que se presentó la analogía se emplearon 10 minutos para hablar al grupo y explicar el modelo de pila, cuáles son sus partes y lo que representan, así como su funcionamiento según se ha mostrado en las figuras 9 a 13.

Una vez explicado el modelo, durante 3-4 minutos y ya con el modelo físicamente delante de los alumnos, se les explicó de nuevo los elementos y el del modelo, siempre con un esquema de una pila Daniell utilizada durante esas explicaciones proyectada para aludir a ella y hacerles recordar de una forma más fácil cualquiera de las dudas que les puedan surgir (figura 15).

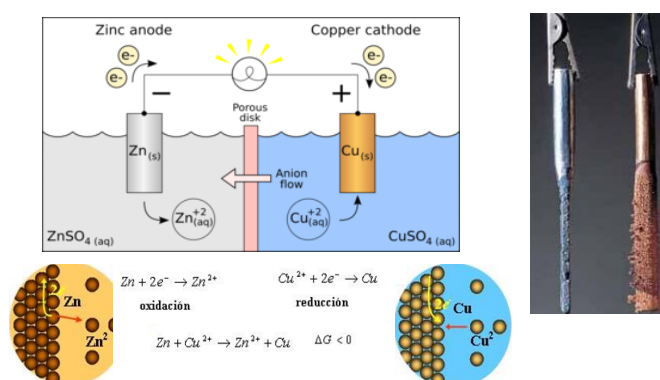


Figura 15: Esquema pila Daniell y detalle de los electrodos

El desarrollo en el aula sigue, por tanto, las siguientes fases:

1.- **Explicación detallada de los componentes del modelo.** Como hemos visto las pilas tienen dos electrodos, que en este modelo se identifican con los dos compartimentos

más estrechos laterales. En cada uno de ellos encontramos átomos de los metales correspondientes, en este caso zinc y cobre. (En este momento se coge la bola con las dos chinchetas, recalcando que es esa disposición la que representa a los átomos)

Cada uno de los electrodos se encuentra sumergido o dentro de una semicelda en la que se encuentran las disoluciones electrolíticas que contienen iones del mismo metal que el correspondiente electrodo y además otros iones correspondientes a la disolución. Cuando se inicia el proceso como ya sabéis la disolución es neutra, de ahí que el número de bolas que representa a los cationes del elemento del electrodo sea igual al número de bolas de los aniones presentes en la disolución. Eso es lo que vemos en cada una de las semiceldas. (Se toma una bola de cada elemento para que lo identifiquen, en este caso se insiste en que son las bolas sin chinchetas las que representan a las partículas con carga, es decir, a los cationes y aniones).

Por último, se les indica donde está el conductor, lugar por el que se van a mover los electrones que van a fluir siempre desde el ánodo hacia el cátodo.

2. Simulación realizada por el profesor. Se realiza la experiencia ante los alumnos explicando el funcionamiento del modelo paso a paso para que asimilen los procesos que se producen en la pila

3. Práctica de los alumnos con el modelo Cada grupo de alumnos cuenta con 5-6 minutos para practicar con el modelo e ir viendo lo que ocurre. El profesor está en todo momento junto a los grupos para ir resolviendo las dudas que se les plantean, que fueron cuestiones como:

- *¿Cuándo se acaban los átomos de Zinc deja de funcionar la pila? ¿Por eso se acaban las pilas?*
- *¿Por qué hay que garantizar la neutralidad? ¿Qué más da?*
- *¿Qué hacemos si no nos caben más bolas en el cátodo?*

4. Puesta en común. Cuando todos los grupos han practicado con el modelo, todavía se dispone de 10 minutos para la puesta en común y la obtención de conclusiones, para dialogar con el grupo en la búsqueda de las semejanzas y diferencias, así como recalcar al grupo las limitaciones que tiene el modelo. Este proceso fue en todo momento guiado por el profesor, quien iba realizando preguntas al grupo y dirigiendo

el coloquio hacia la consecución de los objetivos propuestos. Las cuestiones que se trataron fueron:

- Habéis podido ver cómo funciona una pila mediante la realización de los pasos que tienen lugar en las reacciones redox que se producen en su interior, ¿os ha quedado alguna duda respecto a estos pasos que habéis hecho?
- ¿Creéis que en la realidad estos pasos van uno a uno como hemos de hacer nosotros en el modelo o se producen de forma simultánea? En este punto se refuerza el esquema que cada alumno ha hecho del funcionamiento de la pila con una animación donde se muestra un ejemplo de pila con membrana semipermeable, que puede verse en el siguiente enlace: <http://fyqjosevicente.blogspot.com.es/2011/03/varias-simulaciones-de-la-pila-daniell.html>
- Tenéis que tener en cuenta que en la realidad los tamaños correspondientes a los átomos y electrones no tienen nada que ver con los de las bolas que los representan en el modelo, ya que en la realidad estas partículas son invisibles para nuestros ojos. Pero en el modelo han de ser obviamente tangibles y visibles. Además las proporciones de tamaño entre ellas en el modelo no corresponden tampoco a las que guardan en la realidad. Y claramente destacar que los colores no corresponden con la realidad, pero en el modelo necesitamos un mecanismo que nos permita identificar a cada uno de ellos.
- Otro aspecto que debéis tener en cuenta es que los átomos no alojan a los electrones en “huecos” como en el modelo, ya sabéis que éstos se ordenan en orbitales. Y que las bolas del modelo están completamente llenas de agujeros pero no todos son para alojar electrones; os las tenéis que imaginar como si estuvieran forradas y sólo con dos electrones que en esta configuración son los que se transfieren en el proceso redox que tiene lugar.
- Y bien, ¿Os habéis fijado por dónde tiene lugar el movimiento de los electrones? ¿Es interior o exterior? ¿Y el de los cationes? ¿Y el de los aniones? Entonces podríamos decir que en general el movimiento de cargas negativas se produce en la misma dirección mientras que las positivas en dirección

contraria. (Los aniones van hacia el ánodo, los electrones del ánodo al cátodo y los cationes se mueven opuestamente hacia el cátodo)

- Debéis saber también que en las semiceldas tenemos disoluciones electrolíticas. Toda disolución se hace con una parte de agua que en el modelo no se representa para simplificarlo. Daros cuenta que la concentración de la disolución no es muy alta, con lo que la proporción de moléculas de agua respecto a los aniones sería altísima lo que haría que tuviéramos que llenar las semiceldas con número elevado de bolas de otro color que representaran al agua y que nos impedirían ver el funcionamiento.
- ¿Qué ocurre en el ánodo con los átomos? ¿Y en el cátodo? ¿Cómo afecta esto al funcionamiento de la pila? El modelo permite explicar también por qué las baterías y pilas dejan de funcionar mediante la continua demostración hasta que ya no hay más cationes de cobre en el electrolito de la semicelda derecha. Aunque hay que notar aquí que en la realidad una pila se agota cuando la concentración de iones es muy baja, y no cuando se agota totalmente.
- ¿Os habéis dado cuenta de la importancia del papel que juega la membrana semipermeable? ¿Qué puede desarrollar igualmente esta función a la vez que nos permite separar las semiceldas? Sólo necesitamos un elemento que las conecte si están separadas y como hemos visto en la teoría sería el puente salino. Para resaltar este punto se pone otra animación en la que ahora interviene el puente salino y no la membrana semipermeable como antes:
http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/quimica/pila_daniell.htm

En este punto se insiste también en la necesidad de tener las semirreacciones separadas para poder aprovechar la energía que libera la reacción redox. De forma que se explica:

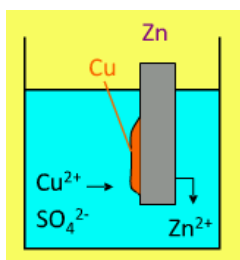


Figura 17: Proceso redox

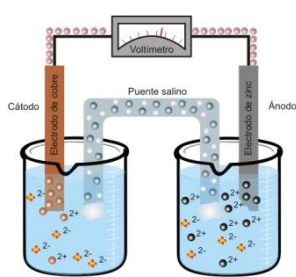


Figura 16: proceso redox en pila Daniell

Sabemos que cuando se coloca una barra de Zn o granallas de Zn en una solución de iones Cu^{2+} (por ej: CuSO_4), el Zn(s) se oxida, desplazando al Cu^{2+} , que se reduce, de la solución. En este proceso, el Zn(s) libera dos electrones para pasar a la solución como ion Zn^{2+} . Estos electrones son empleados por el Cu^{2+} para transformarse en Cu^0 , que se deposita sobre la barra de Zn. Como este proceso es termodinámicamente espontáneo, cada vez que se ponga en contacto Zn(s) con una solución de Cu^{2+} la reacción se producirá tal como está escrita. Esto se debe a que el Zn tiene mayor tendencia a oxidarse que el Cu. Sin embargo, por la forma en que está diseñado el experimento, no se puede aprovechar la energía liberada por esta reacción espontánea para generar corriente eléctrica (figura 16). Para que la transferencia de electrones que se produce entre las sustancias pueda ser aprovechada con este fin se deben separar ambos reactivos en dos medias celdas. De esta manera las medias reacciones se realizan en electrodos diferentes y la transferencia de electrones tiene lugar a través de un circuito eléctrico externo (figura 17).

- Se les deja también otros enlaces de simulaciones donde pueden apreciar en detalle lo que pasa en el puente salino y los electrodos:

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/galvan5.swf>

- ¿Qué pasaría si la membrana o el puente salino no funcionara?
- ¿Por qué tiene lugar la reacción en la pila? ¿Qué elementos conforman el ánodo y el cátodo? Si se dispusieran al revés, ¿funcionaría la pila? ¿Por qué?
- Si te dieran diferentes metales para formar una pila y tuvieras que elegir cuál situarías en cada electrodo, ¿en base a qué criterio lo harías?

5- **Realización de un cuestionario.** La siguiente clase comenzó pasando un cuestionario que los alumnos realizaron de forma anónima, pues como se dijo anteriormente se prima la sinceridad en las respuestas de los alumnos y no formará parte de la evaluación. Este cuestionario nos permitirá evaluar el grado de comprensión que los alumnos han desarrollado respecto al funcionamiento de la pila Daniell así como determinará si el modelo ha sido útil y beneficioso o no. El cuestionario fue el siguiente:

CUESTIONARIO FINAL PILA DANIELL

CURSO:

FECHA:

1.- En el siguiente esquema de una pila (figura 18) identifica sus elementos y dibuja el flujo de electrones así como el movimiento de los iones.

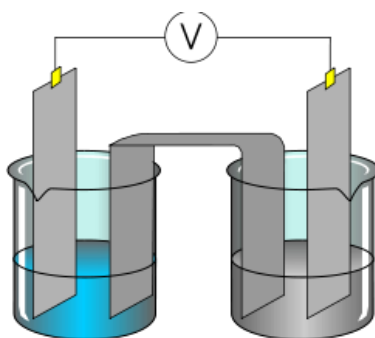


Figura 18: Esquema pila Daniell

2.- Si el ánodo fuera de Zinc y estuviera en una disolución de $ZnSO_4$ y el cátodo fuera de Cu en una disolución de $CuSO_4$ escribe las reacciones de oxidación reducción que tendrían lugar en cada electrodo

3.- ¿En qué electrodo tiene lugar la Oxidación? ¿Y la reducción?

4.- ¿Por qué fluyen de manera espontánea los electrones? ¿Qué signo tendrá la diferencia de potencial de la pila resultante?

5.- ¿Cuáles son las funciones del puente salino?

6.- Si te dieran los siguientes elementos Al, Ag, Fe y Au y te pidieran formar una pila con la mayor fuerza electromotriz posible, ¿Cuáles elegirías? ¿A quién pondrías en el ánodo y a quién en el cátodo? (En la segunda hoja del cuestionario verás un tabla de

potenciales de reducción que podrá ayudarte). La tabla entregada fue la siguiente (Figura 19):

Sistema	Semirreacción	E° (V)
Li ⁺ / Li	Li ⁺ + 1 e ⁻ → Li	-3,04
K ⁺ / K	K ⁺ + 1 e ⁻ → K	-2,92
Ca ²⁺ / Ca	Ca ²⁺ + 2 e ⁻ → Ca	-2,87
Na ⁺ / Na	Na ⁺ + 1 e ⁻ → Na	-2,71
Mg ²⁺ / Mg	Mg ²⁺ + 2 e ⁻ → Mg	-2,37
Al ³⁺ / Al	Al ³⁺ + 3 e ⁻ → Al	-1,66
Mn ²⁺ / Mn	Mn ²⁺ + 2 e ⁻ → Mn	-1,18
Zn ²⁺ / Zn	Zn ²⁺ + 2 e ⁻ → Zn	-0,76
Cr ³⁺ / Cr	Cr ³⁺ + 3 e ⁻ → Cr	-0,74
Fe ²⁺ / Fe	Fe ²⁺ + 2 e ⁻ → Fe	-0,41
Cd ²⁺ / Cd	Cd ²⁺ + 2 e ⁻ → Cd	-0,40
Ni ²⁺ / Ni	Ni ²⁺ + 2 e ⁻ → Ni	-0,25
Sn ²⁺ / Sn	Sn ²⁺ + 2 e ⁻ → Sn	-0,14
Pb ²⁺ / Pb	Pb ²⁺ + 2 e ⁻ → Pb	-0,13
H ⁺ / H ₂	2 H ⁺ + 2 e ⁻ → H ₂	0,00
Cu ²⁺ / Cu	Cu ²⁺ + 2 e ⁻ → Cu	0,34
I ₂ / I ⁻	I ₂ + 2 e ⁻ → 2 I ⁻	0,53
MnO ₄ ⁻ / MnO ₂	MnO ₄ ⁻ + 2 H ₂ O + 3 e ⁻ → MnO ₂ + 4 OH ⁻	0,53
Hg ²⁺ / Hg	Hg ²⁺ + 2 e ⁻ → 2 Hg	0,79
Ag ⁺ / Ag	Ag ⁺ + 1 e ⁻ → Ag	0,80
Br ₂ / Br ⁻	Br ₂ + 2 e ⁻ → 2 Br ⁻	1,07
Cl ₂ / Cl ⁻	Cl ₂ + 2 e ⁻ → 2 Cl ⁻	1,36
Au ³⁺ / Au	Au ³⁺ + 3 e ⁻ → Au	1,500
MnO ₄ ⁻ / Mn ²⁺	MnO ₄ ⁻ + 8 H ⁺ + 5 e ⁻ → Mn ²⁺ + 2 H ₂ O	1,51

Figura 19: Tabla de potenciales de reducción

Una vez elegido tus elementos escribe las semirreacciones de la pila que has formado.

7.- ¿Bajo qué condiciones se establecen los potenciales standard de reducción?

8.- ¿Los electrones se mueven externa o internamente?

Cuando los alumnos hubieron acabado el cuestionario se les pasó una encuesta para que evaluaran su experiencia con las analogías. Esta encuesta puede verse en el Anexo III.

4.4.5.- Resultado de la experiencia

El resultado de la experiencia dio muy buenos resultados, de forma que un 75 % de los alumnos entregó el cuestionario completo y con un mínimo de 5 – 6 preguntas contestadas de forma correcta. Destacaremos que el 85 % de los alumnos contestaron correctamente a las preguntas 1, 2 y 3, lo que significa que entendieron las partes de la pila, el movimiento de las partículas en ella e identificaron las reacciones que tienen

lugar en los electrodos; todo ello es básico para comprender los procesos redox en pilas. Muy pocos alumnos son los que dispusieron las reacciones de oxidación reducción cambiadas de electrodo. La pregunta 4 fue contestada correctamente por el 75% de los alumnos, que aludieron a la diferencia de potencial como el responsable del flujo de electrones. En relación con la pregunta 5 relativa al puente salino el 100% destacaron la función de la neutralidad eléctrica pero sólo el 60 % la complementó con la función de cerrar el circuito eléctrico. La pregunta 6 es en la que se obtuvieron más respuestas en blanco, los alumnos aludieron a la falta de tiempo para contestar a las preguntas, aun así hubo un 15 % de los alumnos que la contestaron correctamente. Las preguntas 7 y 8 fueron contestadas correctamente por un número elevado de alumnos.

Estos resultados indican que el modelo ayudó claramente en la comprensión del funcionamiento de la Pila Daniell.

Además durante el desarrollo de la experiencia se pudo apreciar en relación a los objetivos didácticos del uso de las analogías que:

1. Mayor atención por parte del alumno, debido a su participación activa durante la explicación. El día que usaron el modelo en clase quedó patente la motivación hacia la Química implicada en las pilas.
2. Potenciación de la imaginación puesto que son los propios alumnos quienes a veces, generan la propia analogía y participan en las deducciones. De hecho muchos fueron los que realizaban preguntas y supuestos mientras manipulaban el modelo.
3. Para el profesor es más fácil transmitir la información que ayuda a la comprensión de conceptos abstractos ligados a la Química. Para ellos resultó como un “juego” a través del cual aprendieron el funcionamiento de la Pila.
4. Los alumnos sienten más cercanos y accesibles los procesos químicos.
5. Se favorece el pensamiento científico involucrando a los alumnos a vivir en la comunidad científica.
6. Lo importante es recalcar a los alumnos dónde finaliza la analogía y comienzan las diferencias con el concepto que se trata. En caso contrario se pueden asentar conocimientos de manera errónea o incompleta. Por eso esta fase se realizó de forma que el alumno estuviera 100% involucrado en su planteamiento, siempre en un

proceso guiado de preguntas por el profesor. Es esencial para que el modelo funcione y la motivación del alumno se incremente la participación activa del mismo durante todo el proceso.

7.- Se aprecia la motivación que se genera realizar el cuestionario final cuando han entendido las cosas, y ver a algunos de ellos durante la ejecución de este cuestionario recordando los movimientos que hacían con las bolas lo ratifica.

Los resultados de la encuesta (puede verse en el anexo III) que se realizó a los alumnos una vez finalizado el tema para conocer su opinión sobre el uso de analogías en la clase son los siguientes:

Un 50 % de los alumnos dijo haber aprendido con analogías anteriormente en esa asignatura. Lo cual pude verificar con el profesor tutor, el cual usa ciertas analogías para explicar algunos conceptos de química.

A la pregunta "En general, mi valoración del uso de analogías es: muy mala, mala, satisfactoria, buena o muy buena", el 100% de los alumnos manifestó que su valoración era buena o muy buena. Puede decirse entonces que se obtuvo plena satisfacción en relación con la experiencia.

El 100% de los alumnos mostró su acuerdo con que las analogías les ayudan a comprender algunos conceptos, aumentan su interés por la asignatura, les ayudan a llevarla al día, son una forma sencilla de aprender conceptos abstractos y son amenas. Además, todos los alumnos, que las analogías también les ayudaban en la resolución de ejercicios.

Por último, pocos alumnos contestaron a la pregunta en las que se les pedía que propusieran mejoras de las analogías; los que lo hicieron sugerían ampliar el uso a otras asignaturas y materias.

Todos estos datos se han obtenido con un 81% de participación de los alumnos en la realización de la encuesta.

5.- CONCLUSIONES

La principal conclusión obtenida de este trabajo verifica que las analogías constituyen una de las herramientas más adecuadas para desarrollar la creatividad, la imaginación y las aptitudes y actitudes necesarias en los alumnos para la consecución del objetivo educativo de las mismas, a la vez que les ayuda a comprender mejor la realidad que les rodea. Se cumplen por tanto dos de los objetivos de las analogías que se destacaron en el apartado correspondiente de este trabajo.

El desarrollado en el aula de las analogías resultó una actividad motivadora, que entusiasmó e involucró a los estudiantes, que también evidenciaron, como lo muestra el apartado anterior de este TFM, un conocimiento sobre los conceptos implicados en el modelo de analogía. Este hecho también quedó patente con el resultado de la encuesta que los alumnos realizaron tras su experiencia, donde manifestaron estar satisfechos tras la experiencia pues la encontraron útil y efectiva, tal y como se ha expuesto en el apartado anterior de esta memoria.

No terminaremos sin destacar por un lado la importancia de una reflexión previa por parte del docente sobre la utilidad de la analogía (que evita los posibles errores conceptuales) y, por otro, la importancia que tiene la participación del alumno. Resulta imprescindible igualmente evaluar la concepción de la analogía por parte del alumno, para no dar cabida a concepciones erróneas y favorecer el aprendizaje significativo. Tras la realización de la experiencia puedo decir que la analogía como estrategia será útil y efectiva si, además de estar bien planificada, se plantea en el aula como una ocasión para que los alumnos participen en su desarrollo. El uso de analogías y modelos analógicos en la enseñanza de la Química evidencia un cambio en el nivel de abstracción y en la forma de relacionar los conceptos, principios y teorías por parte de los estudiantes.

6.- RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

- Atkins, P. Jones L. *Principios de Química*, 3ª ed. Editorial Médica Panamericana, Argentina (2006)
- Bloom, J. (1992). Contextual flexibility: Learning and change from cognitive, sociocultural and physical context perspectives. *The history and philosophy of science in science education*, 1, pp. 115-125. Ontario: Editorial S. Hills Kingston
- Dagher, Z. R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education*, 78,601-614.
- Dagher, Z. R. (1995b). Analysis of analogies used by teachers. *Journal of Research in Science Education*,32, 259-270.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- Duit, R. (1991). "On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science". *Science Education*, Vol 75, nº 6, pp. 649-672
- Dupin, J. J., y Johsua, S. (1990). Analogies and "modelling analogies" in teaching. Some examples in basic electricity. *Science Education*, 73, 207-224.
- Felipe, Antonio., Gallarretas S. y Merino G. (Año desconocido), "Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo". *Revista Iberoamericana de Educación* (ISSN: 1681-5653)
- Fernández, J.; González, B.; Moreno, T. (2003): "Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias". *Alambique*, nº 35, 82-89
- Friedel, A.W., Gabel, D.L. y Samuel, J. (1990). Using examples for chemistry problem solving: does it increase understanding? *School Science and Mathematics*, 90, pp. 674-682.
- Gilbert J.K., (2003) models and modelling: routes to more authentic science education *International Journal of Science and Mathematics Education* (2004) 2: 115–130
- Glynn, S. (1991). "Explaining Science Concepts: A Teaching with Analogies Model." *The Psychology of Learning Science*. Glynn, S; Yeany, R.; Britton (Eds.), Cap. 10º, pp. 219-240.
- Glynn, S. (1995). "Conceptual Bridges. Using analogies to explain scientific concepts". *Science Teacher*, Vol. 62, nº 9, pp. 25-27.
- González, B. M. (2002). "Las Analogías en el proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza". Tesis Doctoral. Dpto. Didácticas Específicas. Universidad de La Laguna. I.S.B.N. 84-699-9636-3
- Harrison, A.G., y Treagust, D.F. (2000). Learning about atoms, molecules and chemical bonds: a case study of multiple model use in grade-11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381.
- Huddle, P A y White, M. (2000). "Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry" *Journal of Chemical Education* • Vol. 77 No. 1 January 2000 • JChemEd.chem.wisc.edu
- Martín González, B, González T. y Moreno Jiménez "las analogías en la enseñanza de las ciencias" *Actas II Simposio sobre la Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria*, Madrid, pp 204-206.
- Maynard V. Olson, "Equilibrio Oxidación Reducción" (s.f.) *Enciclopedia Britannica* recuperado en Mayo 2015 de: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/436636/oxidation-reduction-reaction/49299/Oxidation-reduction-equilibria>

- Oliva, J.M., Aragón, M.M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001) "una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias". Revista enseñanza de las ciencias, 2001, 19 (3), 453-470
- Oliva, J. M. (2003): "Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula", en Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2 (1) volumen2/Numero1/Art2.pdf
- Oliva, J.M. (2004): "El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias" Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 3, Nº 3, 363-384 (2004)
- Oliva, J.M. (2005) "Qué nos dice la investigación acerca del uso de analogías para enseñar química: investigación y práctica" de Orgill, M.K. y Bodner, G. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 2, núm. 1, 2005, pp. 115-117
- Oliva, J.M. (2006). "Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías". Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 3, núm. 1, 2006, pp. 04-114 Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA Cádiz, España
- Orgill, M., y Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. Chemistry Education: Research and Practice, 5(1), 15-32.
- Osborne, R.J. y Freyberg, P.(1985). Learning in science: The implications of children's science. Auckland: Heinemann.
- Petrucci, R.H., Harwood, W.S., Herring, F. G. *Química General*, Pearson Education, S. A., Madrid (2003).
- Programación Química 2º Bachillerato. Departamento de física y química. IES santa Úrsula. (2014)
- Programación Didáctica Química 2º Bachillerato. Departamento de física y química. IES Isabel de España (2014)
- Roberts, D. (1970). Science as an explanatory mode. Main Currents in Current Thought, 26(5), pp. 131-139.
- Sunal, D. (2004): "Using Metaphors, Models and Analogies in Teaching Science: A Review of the Literature", The University of Alabama,
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation and education. Journal of Research in Science Teaching, 29, pp. 537-544
- The ChemCollective "Resources to Teach and Learn Chemistry" (s.f.) recuperado en Mayo 2015 de: http://chemcollective.org/chem/electrochem/step3_calculatecell.php
- Tim, C. F. (2004): "Use of Analogies to Teach General Biology to Non-Biology Majors", triannual newsletter, marzo, vol. 8 (1), Centre for Development of Teaching and Learning (C.D.T.), "Voltage, Current, Resistance, and Ohm's Law" (s.f.) recuperado en Mayo 2015 de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-current-resistance-and-ohms-law>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction, 4(1), pp. 45-69.
- Vosniadou, S., and Shommer, M. (1988). Explanatory analogies can help children acquire information from expository text. Journal of Educational Psychology, 80, 524- 536.
- Wu y Foos "Making Chemistry Fun to Learn" 2010 (Literacy Information and Computer Education Journal (LICEJ), Volume 1, Issue 1, March 2010).

7.- ANEXOS

Anexo I: Decreto 42/2008 Currículo de Bachillerato de Castilla y León

FÍSICA Y QUÍMICA (1º BACHILLERATO)

Contenidos

5. Electricidad:

- Revisión de la fenomenología de la electrización y la naturaleza eléctrica de la materia ordinaria. Ley de Coulomb.
- Introducción al estudio del campo eléctrico; **concepto de potencial**.
- La corriente eléctrica; ley de Ohm; asociación de resistencias. Efectos energéticos de la corriente eléctrica. Aplicación al estudio de circuitos básicos. Generadores de corriente.
- La energía eléctrica en las sociedades actuales: profundización en el estudio de su generación, consumo y repercusiones de su utilización.

QUÍMICA II (2º BACHILLERATO)

Contenidos

1. Contenidos comunes:

- Utilización de estrategias básicas de la actividad científica tales como el planteamiento de problemas y la toma de decisiones acerca del interés y la conveniencia o no de su estudio; formulación de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales y análisis de los resultados y de su fiabilidad.
- Búsqueda, selección y comunicación de información y de resultados utilizando la terminología adecuada.

2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos:

- Del átomo de Bohr al modelo cuántico. Importancia de la mecánica cuántica en el desarrollo de la química.
- Evolución histórica de la ordenación periódica de los elementos.
- Estructura electrónica y periodicidad. Tendencias periódicas en las propiedades de los elementos.

3. Enlace químico y propiedades de las sustancias:

- Enlaces covalentes. Geometría y polaridad de moléculas sencillas.
- Enlaces entre moléculas. Propiedades de las sustancias moleculares.
- El enlace iónico. Estructura y propiedades de las sustancias iónicas.
- Estudio cualitativo del enlace metálico. Propiedades de los metales.
- Propiedades de algunas sustancias de interés biológico o industrial en función de la estructura o enlaces característicos de las mismas, en particular, el agua y los metales.

4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas:

- Energía y reacción química. Entalpía de reacción. Procesos endo y exotérmicos. Entalpía de enlace. Cálculo e interpretación de la entalpía de reacción a partir de las entalpías de formación y la aplicación de la ley de Hess.
- Aplicaciones energéticas de las reacciones químicas: los combustibles químicos. Repercusiones sociales y medioambientales.
- Valor energético de los alimentos: implicaciones para la salud.
- Condiciones que determinan el sentido de evolución de un proceso químico. Conceptos de entropía y de energía libre.

5. El equilibrio químico:

- Características macroscópicas del equilibrio químico. Interpretación submicroscópica del estado de equilibrio de un sistema químico. La constante de equilibrio. Factores que afectan a las condiciones del equilibrio.
- Las reacciones de precipitación como ejemplos de equilibrios heterogéneos. Aplicaciones analíticas de las reacciones de precipitación. Aplicaciones del equilibrio químico a la vida cotidiana y a procesos industriales.

6. Ácidos y bases:

- Revisión de la interpretación del carácter ácido-base de una sustancia. Las reacciones de transferencia de protones.

- Concepto de pH. Ácidos y bases fuertes y débiles. Cálculo y medida del pH en disoluciones acuosas de ácidos y bases. Importancia del pH en la vida cotidiana.
- Volumetrías ácido-base. Aplicaciones y tratamiento experimental.
- Tratamiento cualitativo de las disoluciones acuosas de sales como casos particulares de equilibrios ácido-base.
- Algunos ácidos y bases de interés industrial y en la vida cotidiana, en particular HNO₃, H₂SO₄ y NH₃. El problema de la lluvia ácida y sus consecuencias.

7. Introducción a la electroquímica:

- Reacciones de oxidación-reducción. Especies oxidantes y reductoras. Número de oxidación.
- Concepto de potencial de reducción estándar. Escala de oxidantes y reductores.
- Valoraciones redox, en particular la permanganimetría. Tratamiento experimental.
- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación reducción: pilas y batería eléctricas.
- La electrólisis: Importancia industrial y económica. La corrosión de metales y su prevención. Residuos y reciclaje.

8. Estudio de algunas funciones orgánicas:

- Revisión de la nomenclatura y formulación de las principales funciones orgánicas.
- Alcoholes y ácidos orgánicos: obtención, propiedades e importancia.
- Los ésteres: obtención y estudio de algunos ésteres de interés.
- Polímeros y reacciones de polimerización. Valoración de la utilización de las sustancias orgánicas en el desarrollo de la sociedad actual. Problemas medioambientales.
- La síntesis de medicamentos: la síntesis de la aspirina como ejemplo. Importancia y repercusiones de la industria química orgánica.

Anexo II: Unidad Didáctica 8: “Reacciones de transferencia de electrones”

Introducción y justificación

El Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, aprobado por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) y que establece la estructura y las enseñanzas mínimas de Bachillerato como consecuencia de la implantación de la Ley Orgánica de Educación (LOE), ha sido desarrollado en Castilla y León por el Decreto 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de Bachillerato para esta comunidad autónoma. Según la LOE (artículo 32), esta etapa ha de cumplir diferentes finalidades educativas, que no son otras que proporcionar a los alumnos formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia, así como para acceder a la educación superior (estudios universitarios y de formación profesional de grado superior, entre otros).

Objetivos didácticos

- Identificar las reacciones de oxidación-reducción o redox llegando a comprender que los procesos de oxidación-reducción implican la transferencia de electrones.
- Conocer el concepto de sustancia oxidante y reductora y saber interpretarlo en términos de ganancia y pérdida de electrones.
- Comprender que son procesos complementarios, no puede haber oxidación sin que se produzca a la par una reducción.
- Conocer qué se entiende por número de oxidación y las reglas para su determinación. Saber asociar la variación del número de oxidación con las sustancias que se oxidan o se reducen en un proceso redox.
- Ajustar la estequiometría de las reacciones redox. Método de ión-electrón.
- Utilizar los procesos redox para valorar la riqueza de una muestra en una sustancia.
- Ser capaz de establecer las relaciones entre moles en un proceso redox.
- Ser capaz de establecer las relaciones entre equivalentes en cualquier proceso redox. Establecer la masa equivalente de una sustancia en un proceso redox.
- Utilizar tablas de potenciales de reducción estándar para evaluar la espontaneidad de procesos redox.
- Comprender la base del funcionamiento de todas las pilas, la separación de las semirreacciones que ocurren en el cátodo y en el ánodo, así como el concepto de fuerza electromotriz de una pila. Comprender la necesidad de una diferencia de potencial para que tenga lugar la transferencia de electrones.
- Conocer la estructura y el funcionamiento de la pila Daniell, siendo capaz de establecer los procesos que tienen lugar en sus electrodos.
- Conocer cómo funciona un electrodo de gases, en concreto el electrodo de hidrógeno que se utiliza principalmente como electrodo de referencia para determinar la capacidad oxidante o reductora de otras semirreacciones redox cuando se enfrentan a él.
- Conocer el significado de potencial de oxidación y potencial de reducción de un electrodo. Ser capaz de calcular la fuerza electromotriz de una pila como resta del potencial de reducción del cátodo menos el potencial de reducción del ánodo.
- Ser capaz de establecer la espontaneidad de un proceso redox a partir de los potenciales de reducción de sus semirreacciones.
- Conocer el funcionamiento de una celda electrolítica y las diferencias con una pila.
- Conocer las leyes de Faraday de la electrolisis y saber aplicarlas a casos sencillos.
- Conocer algunos procesos redox espontáneos de importancia económica, social y medio ambiental. Estudiar procesos redox no espontáneos de importancia económica y tecnológica.

Contenidos específicos. Conceptos

- Conceptos de oxidación, reducción, sustancia oxidante y sustancia reductora.
- Concepto de número de oxidación de un átomo en una sustancia.
- Relaciones estequiométricas en los procesos redox.
- Concepto de masa equivalente de una sustancia en un proceso redox.
- Concepto de célula galvánica y celda electrolítica como dispositivos que transforman energía química en eléctrica y viceversa.
- Las pilas de electrodos metálicos. La pila Daniell.
- Conceptos de ánodo y cátodo de una pila. Proceso anódico y catódico. Polaridad eléctrica de una pila.
- Electrodo de gases.
- Concepto de potencial de oxidación y potencial de reducción de un electrodo. Electrodo de referencia.
- Condiciones estándar. Potencial estándar de oxidación y potencial estándar de reducción de un electrodo.
- Fuerza electromotriz de una pila.
- Conceptos de ánodo y cátodo de una celda electrolítica. Proceso anódico y catódico. Polaridad eléctrica de los electrodos de una celda.
- Ejemplos de electrolisis. Electrolisis del agua.
- Interpretación de la electrolisis de una disolución acuosa de NaCl. Metales que no pueden obtenerse por electrolisis de una disolución acuosa de sus sales.
- Concepto de Faraday como cantidad de carga y Leyes de Faraday.
- La corrosión de los metales.

Contenidos transversales

Independientemente del conocimiento científico, hay otros contenidos educativos imprescindibles en su formación como ciudadano: la educación para la paz, para la salud, para el consumidor, para la educación ambiental, la educación del consumidor, etc., todos ellos de carácter transversal y que pueden ser desarrollados muy especialmente en la materia de Química.

Aportación a las competencias básicas

El proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química debe contribuir de manera fundamental a desarrollar tres grandes competencias específicas: la competencia en investigación, la competencia en el análisis y la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

Metodología

Como criterio metodológico básico, resaltar que en Bachillerato se ha de facilitar y de impulsar el trabajo autónomo del alumno y, simultáneamente, estimular sus capacidades para el trabajo en equipo, potenciar las técnicas de indagación e investigación (enfoque experimental y método científico) y las aplicaciones y transferencias de lo aprendido a la vida real (en la medida de lo posible se parte de sucesos que se producen en el entorno del alumno para luego analizarlos y explicarlos a la luz de las teorías científicas). No debemos olvidar que esta materia adquiere todo su sentido cuando le sirve al alumno para entender el mundo y la compleja y cambiante sociedad en la que vive, aunque en muchos momentos no disponga de respuestas adecuadas para ello (la ciencia es una actividad en permanente construcción y revisión).

Temporalización y recursos empleados

La unidad didáctica de "Reacciones de transferencia de electrones" constituye la unidad 8 del libro de texto citado con anterioridad y es la unidad con la que se inicia el tercer trimestre. El desarrollo de la unidad didáctica se estructuró en 14 sesiones de 50 minutos y se tuvieron lugar en el aula habitual destinada para esa asignatura. Los recursos empleados fueron el libro de texto, el ordenador y proyector, pizarra tradicional, empleo de simulaciones proyectadas para aclarar conceptos esenciales en el desarrollo del tema. Se ha de cuidar la forma de

presentación de la información y algo básico como establecer el orden y jerarquía de los puntos desarrollados en las explicaciones, de forma que se hizo uso de los mapas conceptuales y esquemas mencionados ya anteriormente en los recursos observados en la fase de observación.

Criterios de evaluación

La evaluación constituye un elemento y un proceso fundamental en la práctica educativa, y permite en cada momento, recoger información y realizar los juicios necesarios para la orientación y la toma de decisiones sobre el proceso de enseñanza aprendizaje. Para esta unidad didáctica en concreto los criterios de evaluación utilizados son:

- Determinar el número de oxidación de un elemento químico en distintas sustancias.
- Reconocer cuando un determinado proceso químico es de oxidación-reducción, identificando a los agentes.
- Reconocer que la oxidación y la reducción son procesos simultáneos de pérdida y ganancia de electrones entre especies químicas, y/o como ganancia o pérdida de oxígeno e hidrógeno en compuestos orgánicos.
- Ajustar la estequiometría de procesos redox utilizando el método del ion electrón.
- Hacer cálculos estequiométricos en procesos redox. Valorar una cantidad de sustancia por medio de un proceso redox.
- Conocer todos los elementos que intervienen en una pila electroquímica.
- Conocer y utilizar el concepto de potencial de electrodo, y el convenio que permitió establecer la actual escala de potenciales normales.
- Interpretar el significado de las tablas de potenciales estándar de reducción y utilizarla para predecir el comportamiento de una pila electroquímica. Utilizar la tabla de potenciales de reducción estándar para deducir la espontaneidad de un proceso redox.
- Describir lo que es una pila, los elementos que la integran y lo que ocurre en cada uno de ellos.
- Representar una pila, determinar cuál será la reacción espontánea, señalar las semirreacciones que se producen y calcular su fuerza electromotriz a partir de los potenciales normales de reducción.
- Analizar y sacar conclusiones sobre si una pila funcionará o no sin tener que construirla en el laboratorio.
- Analizar las características de una cuba electrolítica y sus diferencias con la pila galvánica. Relacionar cuantitativamente las características de la corriente que circula por una cuba electrolítica y las sustancias que se depositan. Conocer las leyes de Faraday para la electrólisis.

La evaluación de la asignatura se realiza de forma continua, destacando que la mayoría de los alumnos disfrutaron de una evaluación continua, global, formativa y final. Sin embargo existía 1 alumno entre ambas clases los cuales poseían una serie de faltas a clase injustificadas (superior al 20%) y según el Reglamento de Régimen interno del centro estos alumnos tienen que realizar un examen extraordinario final distinto de los demás que por supuesto, se basará en los contenidos de la asignatura que se haya impartido.

Impartición de la unidad didáctica (descripción de las sesiones)


A continuación se detalla el desarrollo y planificación de cada una de las sesiones:

SECUENCIACIÓN 3º trimestre del curso 2014-2015 del 18 de Marzo al 10 de Abril				
MARCO LEGAL Y DE REFERENCIA Decreto 42/2008, de 5 de junio				
TÍTULO: REDOX ÁREA:	ETAPA BACHILLERATO	TEMPORALIZACIÓN: 10 SESIONES DE 50 MINUTOS EN EL AULA	METODOLOGÍA: Modelo didáctico: modelo didáctico constructivista . (aprendizaje significativo, cambio conceptual, conflicto cognitivo, aprendizaje activo, aplicación de los saberes adquiridos)	
		ACTIVIDAD	RECURSOS DIDÁCTICOS	SECUENCIACIÓN
SESIÓN DE AULA 1º	Actividad de INICIO:		Libro de texto Pizarra tizas de colores Cuaderno del alumno Preguntas para interactuar con los alumnos: 1) ¿Qué es el número de oxidación? 2) Qué le ocurre a un metal expuesto de continuo a la intemperie? 3) ¿Qué es la electronegatividad? 4) ¿Qué es la carga iónica de un elemento?, ¿cuál más proteínas? ¿cuál más glúcidos? 5) ¿conoces el término de diferencia de potencial y lo que significa?	1ª Actividad (¿Qué saben sobre el tema? Recordar conocimientos previos)
	Descripción:	Exposición de contenidos, explicación de los elementos esenciales		
	Como se realiza:	Mediante una prueba escrita que los alumnos entregan al finalizar		
	agrupamiento:	Individual.		
	Ubicación:	En el aula		
	Tiempo estimado	15 minutos		
	Actividad de DESARROLLO de contenidos::		Cuaderno del alumno. Cuaderno del alumno Libro de texto Analogías de transferencias de partículas y conceptos	2ª Actividad (trabajo autónomo)
	Descripción:	a) Hacer un esquema de Presentación del índice donde para que tengan una guía ordenado del desarrollo de la unidad		
		b) Iniciación de la explicación teórica.		
		c) Presentación de conceptos principales y terminología		
Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada			

	Tipo de agrupamiento:	individual		, aprender a aprender)
	Ubicación:	en el aula		
	Tiempo estimado	35 minutos		
SESIÓN DE AULA 2º	Actividad de DESARROLLO : Tipo de clase: teórico-			
	Descripción:	Exposición de contenidos, explicación del ajuste de reacciones por el método del ión electrón medio ácido		
	Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada	Libro de texto. Ordenador y proyector Cuaderno del alumno. Analogía de pares redox.	
	Tipo de agrupamiento:	Individual		
	Ubicación:	aula		
	Tiempo estimado	20 minutos		
	Actividad de APLICACIÓN			
	Descripción:	Casos prácticos de ajuste de reacciones en medio ácido		3ª Actividad
	Como se realiza:	Se dicta el enunciado de los problemas y se resuelven en la pizarra	Pizarra Cuaderno del alumno Tizas de colores	
	Tipo de agrupamiento:	individual		
	Ubicación:	El aula		
	Tiempo estimado de	30 minutos		

SESIÓN DE AULA 3º	Actividad de DESARROLLO : Tipo de clase: teórico-práctica práctica		Libro de texto. Ordenador y proyector Cuaderno del alumno	4ª Actividad
	Descripción:	Exposición de contenidos, explicación del ajuste de reacciones por el método del ión electron medio BÁSICO		
	Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada		
	Tipo de	Individual		
	Ubicación:	aula		
	Tiempo estimado	20 minutos		
	Actividad de APLICACIÓN		Pizarra Cuaderno del alumno Tizas de colores Pizarra para ir apuntando las conclusiones. Plataforma Moodle	5ª Actividad
	Descripción:	Casos prácticos de ajuste de reacciones en medio BASICO		
	Como se realiza:	Se dicta el enunciado de los problemas y se resuelven en la pizarra		
	Ubicación:	El aula		
Tiempo	30 minutos			
Actividad de DESARROLLO : Tipo de clase: teórico-práctica		Libro de texto. Ordenador y proyector Cuaderno del alumno.	6ª Actividad	
Descripción:	Exposición volumetrías Redox e introduccion a las pilas			
Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada			
Tipo de agrupamiento:	Individual			
Ubicación:	aula			
Tiempo estimado	30 minutos			

SESIÓN DE AULA 4º	Actividad de APLICACIÓN		Pizarra Cuaderno del alumno Tizas de colores Ordenador y proyector	7ª Actividad
	Descripción:	Casos prácticos de ajuste de volumetrías		
	Como se realiza:	Se dicta el enunciado de los problemas y se resuelven en la pizarra		
	Tipo de	individual		
	Ubicación:	El aula		
	Tiempo	20 minutos		
SESIÓN DE AULA 5º	<u>Actividad de DESARROLLO</u> : Tipo de clase: teórico-práctica práctica		Libro de texto. Ordenador y proyector Cuaderno del alumno Analogía para espontaneidad de reacciones redox	8ª Actividad
	Descripción:	Exposición del esquema de una pila, espontaneidad de reacciones,		
	Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada		
	Tipo de	Individual		
	Ubicación:	aula		
	Tiempo estimado	40 minutos		
			Ordenador y proyector Internet	9ª Actividad
	Descripción:	Simulación por ordenador del funcionamiento de una pila		
	Como se realiza:	A través del proyector se lleva a cabo la simulación desde internet		
	Tipo de agrupamiento:	individual		
	Ubicación:	El aula		
	Tiempo estimado	10 minutos		

SESIÓN DE AULA 6°	Actividad de SÍNTESIS : Tipo de clase: teórico-práctica práctica		<p style="text-align: center;">ÁNODO  CÁTODO</p> <p>Modelo de analogía</p>	10ª Actividad
	Descripción:	Desarrollo del modelo de analogía sobre la pila Daniel		
	Como se realiza:	Trabajo directo de los alumnos manipulando los elementos del modelo		
	Tipo de	Grupos de 6 alumnos		
	Ubicación:	aula		
	Tiempo estimado	30 minutos		
Actividad de DESARROLLO : Tipo de clase: teórico-práctica práctica		<p>Libro de texto.</p> <p>Ordenador y proyector</p> <p>Cuaderno del alumno</p> <p>Analogía para el potencial de pila</p> <p>Analogía para el electrodo de referencia</p>	11ª Actividad	
Descripción:	Exposición potencial de una pila y cálculo de la fem			
Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada			
Tipo de agrupamiento:	Individual			
Ubicación:	aula			
Tiempo estimado	20 minutos			
SESIÓN DE AULA 7°	Actividad de APLICACIÓN		<p>Libro de texto.</p> <p>Ordenador y proyector</p> <p>Cuaderno del alumno</p>	12ª Actividad
	Descripción:	Ejercicios prácticos de pilas		
	Como se realiza:	Se dicta el enunciado de los problemas y se resuelven en la pizarra		
	Tipo de	individual		
	Ubicación:	El aula		
	Tiempo	25 minutos		

	Descripción:	Introducción a la electrolisis y su aplicación. Ecuación de Faraday	Pizarra Cuaderno del alumno	13ª Actividad
	Como se realiza:	Mediante Presentación de power point proyectada		
	Tipo de agrupamiento:	Individual		
	Ubicación:	aula		
	Tiempo estimado	20 minutos		
SESIÓN DE AULA 8º 9º y 10º		<u>Actividad de SÍNTESIS</u> :Tipo de clase:teóricootica práctica	Pizarra	14ª Actividad
	Descripción:	Realización de ejercicios de repaso del tema correspondientes a modelos		
	Como se realiza:	En pizarra por mi o por los propios alumnos que salen de forma		
	Tipo de agrupamiento:	Individual		
	Ubicación:	aula		
	Tiempo estimado	50 minutos cada sesión		

Anexo III: Encuesta

PREGUNTA	NUNCA	A VECES	FRECUENTEMENTE
1.- ¿Has aprendido mediante analogías con anterioridad a esta asignatura?			

PREGUNTA	MUY MALA	MALA	SATISFACTORIA	BUENA	MUY BUENA
2.- En general, mi valoración del uso de analogías es:					

PREGUNTA	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	NO SABE/ NO CONTESTA
3.-Las analogías me han ayudado a comprender algunos conceptos abstractos			
4.- Las analogías han aumentado mi interés por la asignatura			
5.-Las analogías hacen interesantes y atractivas las clases			
6.-Las analogías me han confundido más o no me han ayudado a la hora de estudiar y comprender los conceptos clave.			
7.-Propón alguna sugerencia para mejorar las analogías			

Tabla 8: Encuesta