

Materiales didácticos basados en investigación. Aporte para docentes de Física y Química de Educación Secundaria.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Silvia B García de Cajén,¹ Adriana L.Rocha¹,
Bettina Bravo^{1,2} y José M. Domínguez Castiñeiras³

¹Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Departamento de Profesorado en Física y Química, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Avda. Del Valle 5737, CP 7400, Olavarría, Provincia de Buenos Aires. Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

³Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Santiago de Compostela. España.

E-mail: garcia Cajen@gmail.com

Resumen

Se presentan los lineamientos del "diseño basado en investigación" de tres secuencias didácticas. Se describen brevemente las propuestas elaboradas para la enseñanza en Física y Físicoquímica. Se plantea cómo trabajar estas propuestas con los docentes para que el aporte de la investigación llegue al aula. Las secuencias son producto del trabajo en colaboración de docentes e investigadores de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (U.N.C.P.B.A) y de la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Palabras clave: Secuencias didácticas, Investigación, Profesores, Física - Química.

Abstract

The guidelines of three didactic sequences "based on research design" are presented. Proposals prepared for teaching in physics and physical chemistry are briefly described. The question is how these proposals work with teachers so that the contribution of research reaches the classroom. The sequences are the result of collaborative work of teachers and researchers from the National University of Central Buenos Aires Province (UNCPBA) and the University of Santiago de Compostela (USC).

Keywords: Didactic sequences, Research, Teachers, Physics - Chemistry.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo de diseño, por parte de equipos de investigadores, de Secuencias didácticas (SD) para la enseñanza y el aprendizaje de temas de Ciencias, requiere de una importante diversidad de decisiones basadas en supuestos teóricos que han de hacerse claramente explícitos en la elaboración de los materiales que surgen de este proceso de diseño. Dichos supuestos teóricos se han de referir a cómo se conciben los elementos fundamentales involucrados, esto es: el conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje.

Actualmente es creciente el número de grupos de investigación en didáctica que trabajan en relación con el diseño de propuestas de enseñanza, como una manera de asumir el reto de ayudar a los docentes implicándose en la transformación del conocimiento que surge de la investigación, en aportes a la mejora de la práctica docente.

Se ha criticado la elaboración, desde la investigación, de este tipo de materiales didácticos, por el carácter minoritario de uso de estas propuestas entre los docentes. Desde el punto de vista de quienes llevamos adelante este trabajo, es esperable que cada docente haga un uso particular de dichos materiales, dado que lo que se intenta es presentar algunas estrategias que resultan efectivas para enseñar cada tema

en particular, sin perder de vista que el docente que ya posee varios años de experiencia en la enseñanza, pone en juego sus propias estrategias para llevar adelante lo que un material didáctico le propone.

El objetivo de este trabajo es presentar de manera resumida, el contenido de tres Secuencias Didácticas (SD) para la enseñanza y el aprendizaje de temáticas relacionadas con el campo de la Física y la Físicoquímica, surgidas del trabajo conjunto de docentes-investigadores de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (U.N.C.P.B.A) -Argentina- y la Universidad de Santiago de Compostela (USC) - España. Las propuestas se centran en temáticas relevantes de los diseños curriculares de Educación Secundaria y Bachillerato, 12-17 años, de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y de Galicia (España), respectivamente. Fueron desarrolladas en el marco de un proyecto financiado por la AECID y se han compilado en un libro (Rocha, García de Cajén, Domínguez Castiñeiras, 2011).

Las propuestas didácticas que se presentan surgen a partir del desarrollo de trabajos de diseño e investigación del que participan investigadores y docentes. Se trabaja en dos niveles de evaluación y diseño de las producciones (Tiberghien, Vince, Gaidioz, 2009):

- las SD son analizadas tanto desde la opinión de docentes experimentados como a partir de cómo los estudiantes aprenden con las actividades propuestas.

- las SD, que han sido suficientemente ajustadas, se desarrollan en el aula, con la intervención de un docente que no ha sido parte del diseño hasta ese momento. Aquí se estudia también, qué le ocurre al docente que implementa una SD en su aula de clase, en términos de movilizaciones de diferentes aspectos de su conocimiento profesional.

Las SD están siendo evaluadas y se encuentran en diferentes instancias del mencionado proceso de diseño e implementación en el aula (Rocha, 2008; Bravo, Eguren, Rocha, 2008; Bravo, Pesa, Rocha, 2010; Bravo, Pesa, Pozo, 2011; García de Cajén, 2007). Los datos surgidos de las puestas en aula sirven para continuar reelaborando y nutriendo los materiales que integran cada SD.

A. El marco de referencia de las propuestas

Desde una concepción constructivista, se concibe el currículo como el punto de encuentro entre los modelos teóricos acerca de la naturaleza del objeto de conocimiento y de cómo se aprende, con la puesta en práctica de estrategias y la elaboración y utilización de materiales concretos. El diseño de propuestas didácticas requiere un minucioso trabajo de integración y desarrollo de todo ello en el marco de una teoría que respalde las decisiones de diseño en cada uno de los aspectos centrales.

El conocimiento de los científicos (que llamamos conocimiento científico), el de la ciencia escolar y el compartido en el aula son tres formas relacionadas pero diferentes del saber. El conocimiento de la ciencia escolar (contenido) es resultado de un proceso de reelaboración, de traducción del conocimiento de los científicos, que requiere reflexionar acerca de la diferente naturaleza de ambos. Esa reflexión es parte del trabajo que realiza la comunidad de investigación en enseñanza de las ciencias involucrada en este tipo de diseños.

Las tres SD que se presentan atienden a un modelo de aprendizaje en el cual los alumnos no son receptores pasivos del conocimiento sino sujetos que lo construyen y reconstruyen, que generan sus propios significados, basados en sus conocimientos, habilidades y experiencias. Sobre esta base, cualquier propuesta a elaborar debería partir del conocimiento de los estudiantes acerca de las principales ideas conceptuales y habilidades a enseñar, las cuales están fuertemente influenciadas por el reconocimiento de la diversidad entre los alumnos. Esto requiere a su vez plantear, en términos epistemológicos, las diferencias existentes entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano. El conocimiento escolar recupera la lógica del conocimiento científico y, en el espacio del aula, la pone en interacción con la lógica del conocimiento cotidiano.

Otra de las características fundamentales que desde el punto de vista de la elaboración y el desarrollo curricular distingue a las perspectivas constructivistas es el énfasis que se ha de poner en que los estudiantes adquieran determinadas capacidades, por encima de lograr cubrir un material (Novak, 1998, p.124) o de terminar un programa.

Las secuencias integran un conjunto de actividades de aprendizaje que conforman la estrategia de enseñanza y evaluación. Las actividades son oportunidades de aprendizaje que implican tareas que los estudiantes y el docente deben realizar, empleando variedad de estrategias y recursos, para lograr el aprendizaje.

II. METODOLOGÍA

A. Contexto curricular de las secuencias didácticas

Las secuencias fueron pensadas para ser utilizadas en el marco de dos sistemas educativos: la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires y la ESO y el Bachillerato de Galicia (España).

B. Las secuencias y sus características como materiales didácticos

El diseño de cada SD involucra su estructura, la organización didáctica, las actividades y los comentarios para los docentes sobre cada una de ellas.

El trabajo de diseño se desarrolla a partir de dos tareas que se consideran fundamentales para la toma de cualquier decisión acerca de qué y cómo enseñar el contenido correspondiente a un campo determinado de las ciencias: el análisis científico y el análisis didáctico del contenido de enseñanza Sánchez y Valcárcel (1993). Ambos análisis guían luego la selección del contenido a enseñar, de los objetivos de aprendizaje y de las estrategias de enseñanza y de aprendizaje más adecuadas.

Las SD se han diseñado teniendo en cuenta una estructura en común, que se flexibiliza según el estilo de cada autor. En la estructura de base se distinguen las fases de: Definición del contenido académico; Análisis de la problemática de aprendizaje; Selección, formulación y secuenciación de objetivos y Elaboración de la secuencia de actividades (incluye estrategias de enseñanza y de evaluación).

En la Introducción de cada SD se delimita la problemática de aprendizaje. Los objetivos y contenidos son elaborados en consonancia con los marcos antes descritos de la misma manera que ocurre con la determinación de la estrategia de enseñanza y de evaluación. Ello aparece en la SD reflejado en la propuesta de las actividades de aprendizaje que se proponen realizar. Para cada una de ellas se hace referencia a aquello que puede ayudar al docente a llevar adelante el trabajo en ese marco. Se vuelcan en estas discusiones las experiencias docentes de los investigadores autores de las propuestas, los resultados de las puestas en aula que se han realizado para evaluar las secuencias y las reflexiones que sobre ello ha realizado el grupo de trabajo de docentes e investigadores que elaboraron las SD. El análisis científico y el didáctico llevan a concretar el primer paso en la traducción del objeto de saber científico al objeto de saber a enseñar, el cual implica un estudio minucioso de la porción de conocimiento científico en cuestión para tenerlo como referente, para la elaboración del conocimiento de la ciencia escolar involucrado en cada secuencia. El diseño de las SD se inicia con un análisis del objeto de conocimiento a enseñar, desde el punto de vista científico que guiará posteriormente los contenidos educativos y las formas de trabajo en el aula. Todo lo anterior, a su vez, es sumamente dependiente del contexto y de los destinatarios.

III. RESULTADOS

En este apartado se describen brevemente para cada secuencia las principales decisiones en relación con el contenido y su tratamiento.

A. Secuencia “*El aprendizaje de la visión y el color: un cambio de modo de conocer*”.

La temática de la visión y los colores tiene gran significatividad, en cuanto permite interpretar fenómenos cotidianos y tomar decisiones sobre problemas del día a día, como así también interpretar el funcionamiento de diversos dispositivos tecnológicos, como el caso de una impresora o el monitor de una computadora (Verkerk y Bouwens, 1993). La secuencia de enseñanza está pensada para trabajar en el desarrollo de ideas relacionadas con los fenómenos de visión y la percepción del color. El Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires propone abordar contenidos relacionados con estos fenómenos en Ciencias Naturales de primer año de Secundaria y retomar su estudio en Físicoquímica de tercero. Se sugiere estudiar la luz y el color asociados a fenómenos de intercambio de energía.

En el Diseño curricular de Galicia del espacio Ciencias de la Naturaleza para segundo año de ESO aparece el tratamiento de la temática Materia y Energía y en ese marco, se propone trabajar la luz en términos de energía, la relación entre luz y visión y la identificación de las aplicaciones prácticas relacionadas con ella. El desarrollo de este tema tiene como objetivo fundamental, avanzar en explicar fenómenos cotidianos y aplicaciones tecnológicas relacionados con la temática.

Los estudiantes de distintos niveles educativos, aún luego de la enseñanza formal del tema, suelen utilizar ideas intuitivas o escolarizadas no coherentes con las científicas, para explicar cómo vemos y cómo y por qué vemos objetos de distintos colores (Bravo, Pesa, Colombo, 2001; Chauvet y Kaminsky, 2002; Salinas de Sandoval y Sandoval, 1996). La persistencia de estas ideas puede deberse a la complejidad que implica su construcción, por los aspectos contraintuitivos que presenta (Mortimer, 2000) y a que se ven apoyadas por la cultura y lenguaje cotidianos.

Resulta indispensable como primera etapa en el diseño de una propuesta de enseñanza, definir la idea de la ciencia escolar que se desea compartir con los alumnos y seleccionar los contenidos que resulten necesarios abordar para desarrollarla. La idea de la ciencia propuesta, entonces, involucra un modelo sistémico que reconoce de forma integrada a la luz, los objetos y sistema visual, y a los procesos que entre ellas se produce (absorción, transmisión, reflexión difusa y especular, percepción).

Para interpretar estas diferencias entre el saber intuitivo y el de la ciencia y comprender la complejidad que implica aprender los modelos por ella propuestos, se puede pensar al conocimiento caracterizado por principios ontológicos (Chi, 2002), epistemológicos (Vosniadou y Brewer, 1994) y conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 1998) que a su vez conllevan asociados modos de razonar también característicos (Salinas de Sandoval y Sandoval, 1996).

En la educación científica en Secundaria, los estudiantes deberían, además de construir conocimientos conceptuales, apropiarse de las características que subyacen a la manera que las ciencias naturales tienen de conocer e interpretar el mundo. Para seleccionar los contenidos a abordar se atendió a preguntas guías planteadas para delimitar la idea de la ciencia escolar a abordar: ¿Cómo vemos? ¿Por qué vemos como vemos?, permite apreciar la necesidad e importancia de abordar contenidos específicos como: naturaleza de la luz; procesos de reflexión difusa, absorción, transmisión; fisiología y funcionamiento del ojo humano. La enseñanza no sólo se debería favorecer el aprendizaje de leyes, modelos o teorías propuestas por la ciencia, sino también potenciar la construcción de un modo de conocer coherente con el que esta plantea, se propone seleccionar y abordar también con la enseñanza contenidos relacionados con el saber hacer propio de la ciencia: la emisión fundamentada de predicciones, la observación crítica de fenómenos y/o situaciones analizadas; la recolección, tratamiento e interpretación de resultados, la elaboración de conclusiones a la luz de un fundamento teórico pertinente; el uso coherente y consistente de modelos; el reconocimiento e integración de variables en la elaboración de explicaciones (entre otros). En la Figura 1 se presentan los conceptos a abordar con la secuencia de enseñanza (recuadros rectangulares blancos) y los contenidos procedimentales en relación con el saber hacer de la ciencia (recuadros sombreados).

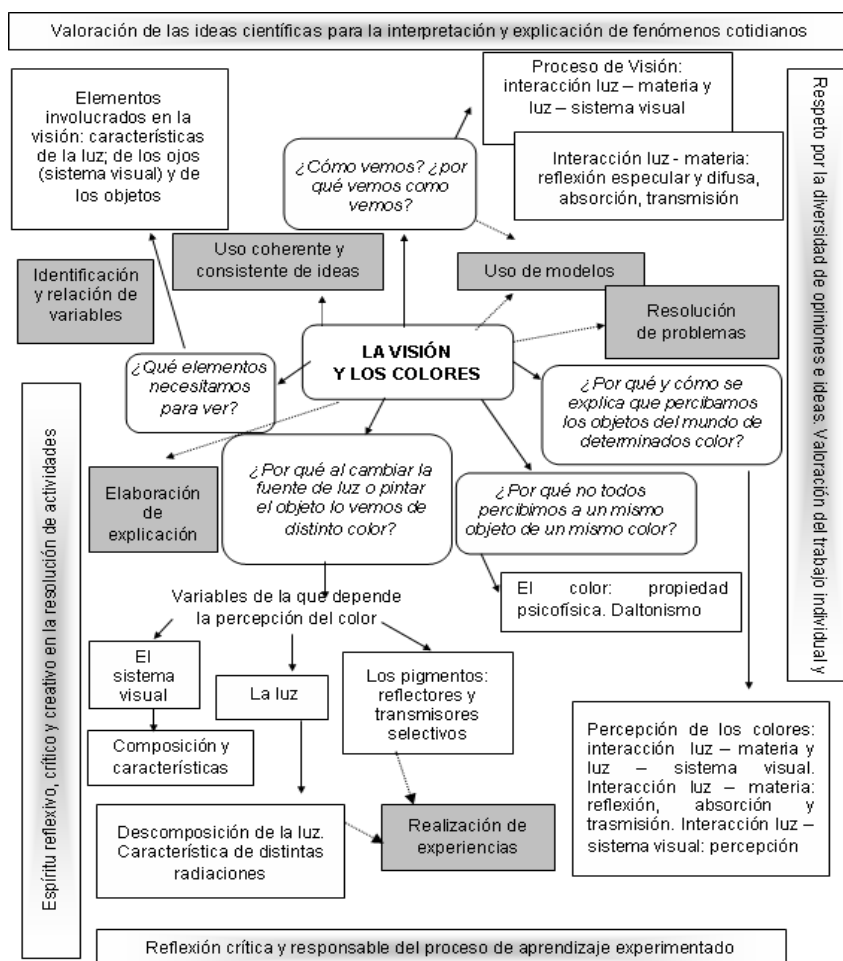


FIGURA 1. Conceptos y procedimientos incluidos en la SD

Favorecer un aprendizaje integral del modo de conocer de las ciencias, requiere abordar también la enseñanza de contenidos que potencien el desarrollo de una actitud crítica que permita a los alumnos reconocer la naturaleza y características del conocimiento científico y de su construcción, para llegar a concebirlo como una manera de “ver e interpretar el mundo” alternativa a la cotidiana, valorando la importancia de las ideas propuestas desde su seno para explicar con consistencia y coherencia argumentativa, múltiples fenómenos y situaciones.

Con esta secuencia de enseñanza se intenta favorecer en una primera instancia, la explicitación y clarificación de las concepciones de los estudiantes. Se plantean así tareas que implican la contrastación de predicciones con actividades experimentales sencillas, la resolución de problemas en pequeños grupos de trabajos, la presentación de interrogantes múltiples por parte del docente ante el gran grupo, la contrastación de explicaciones entre sí y la búsqueda de datos a favor o en contra de unas u otras. Se incluyen en estas tareas iniciales situaciones problemáticas para las cuales, las ideas intuitivas no resultarán “útiles”, para interpretar, predecir y/o explicar el fenómeno propuesto. La meta de esta instancia no es crear un “conflicto cognitivo” que conduzca al “abandono” de las ideas previas de los alumnos por considerarlas “poco útiles”. Sino reconocer sus características para luego, cuando se presente el modelo de la ciencia escolar, poder analizar comparativamente ambos modos de conocer, intentando que el más intuitivo sea interpretado, explicado, redescrito por el más complejo y potente, como es el saber de la ciencia escolar.

B. Secuencia “Energía eléctrica, alfabetización para la ciudadanía”.

El principio de *conservación de la energía* es central en la Física debido a su potencialidad para unificar los fenómenos. La comunidad científica inicialmente ha relacionado la energía con el trabajo mecánico, para luego hacerlo, por ejemplo, con el calor, la masa o la frecuencia de onda, según el paradigma imperante. Reformulaciones que evidencian la complejidad de conceptualizar a la energía.

La ciencia escolar, pone énfasis en definir la energía como la capacidad de realizar un trabajo. Enfoque considerado poco eficaz (Pérez-Landazábal et al, 1995) dada la polisemia del término *trabajo* y el problema de definir energía y trabajo uno en función del otro. Asumida tal dificultad, parece conveniente procurar una construcción cognitiva situada, que otorgue significado y sentido al concepto de Energía. En la ciencia escolar actual se reconoce que más importante que saber *qué es* la energía es entender su comportamiento (Hewitt, 1999): *transferencia, transformación, degradación y conservación*.

La conceptualización de la *degradación* es fundamental para comprender la conservación de la energía, en referencia a que en la naturaleza existen fenómenos irreversibles que cumplen el principio de conservación de la energía, pero que sólo tienen lugar en un sentido debido a la degradación de la energía, entendiéndose esto como pérdida de calidad, no de cantidad. El problema es que el discurso cotidiano refuerza la idea de consumo, agotamiento o crisis de energía, contraria a la idea que la Energía es un número que permanece constante, siempre y cuando se consideren todos los procesos que ocurren en el Universo. *La energía es esencialmente una forma de contar* (Domínguez Castiñeiras, 2000).

Desde la investigación de enseñanza de las ciencias, se señala la relevancia de culturizar a la ciudadanía para la comprensión de la Energía, su conservación y sus problemáticas (Solbes y Tarín, 2004). Por su parte, los actuales diseños curriculares (DGCE, 2009; XUGA, 2008) prescriben a la Energía como contenido de formación común y alfabetizador de la ciudadanía, en vinculación con la problemática energética contemporánea. El contenido eje de la asignatura Introducción a la Física, de cuarto año de Secundaria, es la Energía y sus tipos, entre éstos la Energía Eléctrica.

En esta SD, la significación de la Energía Eléctrica, se relaciona con la comprensión de los procesos de transformación de energía que ocurren en un *sistema eléctrico*, desde una central eléctrica hasta un circuito eléctrico sencillo. Asociado a las transformaciones energéticas, el tratamiento del fenómeno de *degradación* es estratégico para crear cultura sobre la problemática de la *eficiencia energética* y sobre el denominado *uso racional de la energía*.

El estudio de sistemas eléctricos y fenómenos como la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, requiere conocimiento de las leyes básicas de la electricidad (Ley de Ohm, Potencia eléctrica, leyes de Kirchhoff). La interpretación energética de las mismas, pone en relevancia el papel que cumple la diferencia potencial (V). Estos contenidos presentan ciertas dificultades para ser aprendidos por los estudiantes, las cuales según Pozo y Crespo (1998) serían:

Conservación en los circuitos eléctricos: dificultades para comprender las conservaciones no observables de la materia dentro de un sistema.

Potencia eléctrica, Ley de Joule, Ley de Ohm: dificultad para establecer las relaciones entre las distintas variables.

Transformación de energía eléctrica en R: dificultad para aceptar que el circuito sea un sistema de interacción en el que cualquier cambio afecta globalmente a todo el circuito; frente a ideas de múltiples

interacciones dentro del sistema formado por el aparato, el generador y los cables conductores, se oponga un razonamiento causal simple.

La educación científica debería formar personas capaces de intervenir en la toma de decisiones socio-científicas centradas en problemáticas de la energía. La implicación en la resolución de cuestiones científicas de relevancia social, como son las del campo de la Energía, contribuye a la formación y mejora de la *argumentación dialógica* (García de Cajén y Domínguez Castiñeiras, 2009), competencia fundamental para una ciudadanía participativa. Entendiendo por *argumentación en ciencias* (García de Cajén, Domínguez Castiñeiras, García Rodeja, 2012) como la capacidad de relacionar los datos experimentales y las pruebas, con las hipótesis o conclusiones teóricas, que reviste como *dialógica* cuando contempla las distintas perspectivas de las voces participantes. Según Kuhn (1991), el uso de argumentos válidos no es algo innato sino que se adquiere sólo mediante la práctica. Por lo tanto, la SD propone estrategias didácticas y actividades específicamente diseñadas para promover la argumentación sobre cuestiones socio-científicas de energía eléctrica, basadas en investigación.

Asumir la enseñanza de la Energía Eléctrica, desde un enfoque de *enculturación* (Eichinger et al, 1991) que promueva las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), es posible si se promueven actividades que proponen la resolución de problemas reales diseñados aprovechando didácticamente materiales informativos o de divulgación accesibles para el ciudadano.

La SD, sustenta la idea que la ciencia escolar debe incorporarse a la cultura de las Nuevas Tecnologías de Información y Conectividad (NTICx). Pero, en vez de utilizar material didáctico existente en internet, la SD explota la potencialidad de vinculación CTSA de una selección de información circulante en la red, diseñando actividades didácticas que promuevan debates, argumentaciones y tomas de decisión en un contexto de aula que aproveche la construcción social y colaborativa del conocimiento.

La SD propone actividades que promueven la argumentación acerca de problemáticas del mundo contemporáneo referidas a la Energía eléctrica, la resolución social de problemas auténticos que involucren fenómenos de transformación de la energía eléctrica y análisis de sistemas eléctricos desde el *punto de vista de la energía y la potencia*, como así también la participación en la cultura de uso racional y eficiente de energía eléctrica, del uso de energías renovables y de la seguridad eléctrica y un sucinto abordaje de la historia del contenido motivo de tratamiento.

Por ejemplo, en una tarea se toma como recurso didáctico la información del sitio web de la Red Eléctrica de España, disponible en <http://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>. El alumnado encuentra representaciones en tiempo real de la curva de demanda de energía eléctrica, de la estructura de generación en distintos tipos de centrales y de las emisiones CO₂, cuya captura de imagen se ilustra en Figura 2. Se considera que el análisis de esta información, aportará a la alfabetización científica en cuanto posibilita la interpretación de curvas de demanda eléctrica, el establecimiento de relación entre la potencia y la energía eléctrica, la comprensión de la complejidad del sistema de demanda de energía eléctrica en relación con su obtención en las centrales eléctricas y la vinculación con el impacto ambiental, todo ello en un contexto áulico propicio para el debate y la construcción social del conocimiento.

En la resolución de las actividades de la SD, los alumnos pondrán en activo procedimientos referidos al análisis e interpretación de conocimiento científico y de información de divulgación, en distintos formatos (textos, gráficos, símbolos, multimedial, etc.) referidos a energía y potencia eléctrica; utilización de lenguaje científico, en situaciones referidas a analizar, interpretar y elaborar información acerca de la Energía Eléctrica; análisis cualitativo de problemáticas que impliquen el manejo de variables y constantes, o de múltiples variables, en circuitos eléctricos y en transformaciones de energía eléctrica; planteo, indagación y resolución de situaciones problemáticas reales centradas en la transformación de energía eléctrica en circuitos eléctricos; diseño y realización de experiencias sencillas que pongan de manifiesto el uso racional y eficiente de energía eléctrica; elaboración de argumentaciones basadas en leyes de electricidad; evaluación de la consistencia y cohesión de las conclusiones elaboradas; comunicación dialógica en comunidad de aula; resolución de conflictos mediante negociación social. Tales procedimientos son viables, siempre que el clima de aula propicie actitudes de interacción social como multiplicador de conductas ciudadanas en el ámbito escolar; honestidad intelectual para sostener y cambiar ideas o conductas, propias o del grupo; colaboración en la construcción social del conocimiento, entre otras.

Considérese las actividades como sugerencias didácticas quizás inspiradoras, lejos de entenderse como de aplicación estricta. Las actividades se acompañan con el enunciado de los propósitos que se persiguen y con orientaciones respecto a la fase de enseñanza en que se sugiere utilizar cada tarea de cada una de las actividades.

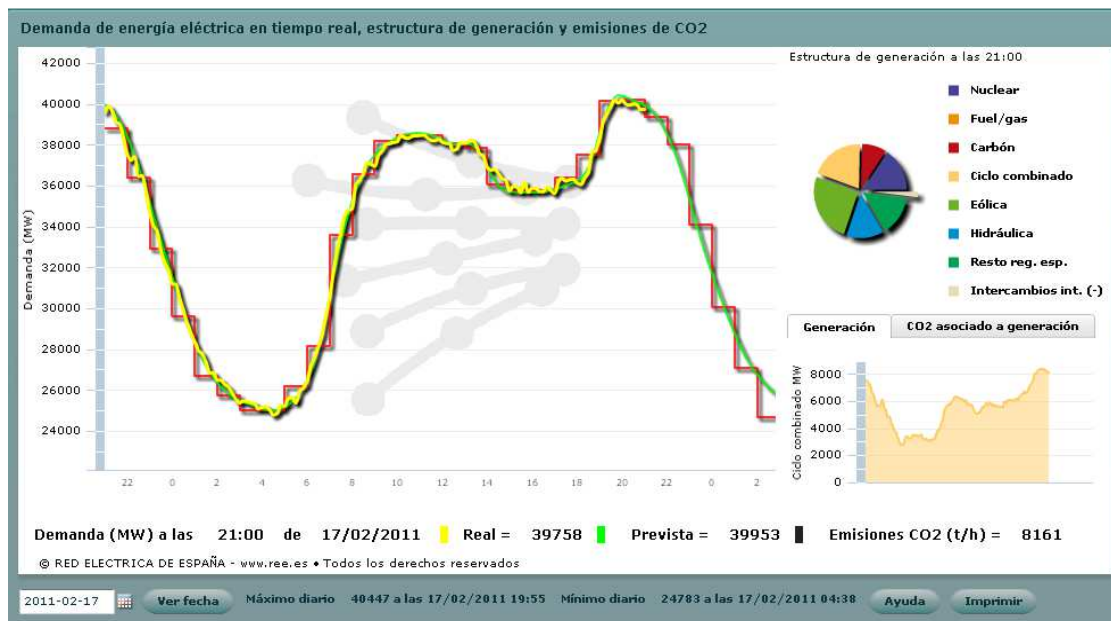


FIGURA 2. Captura de imagen de Demanda de Energía Eléctrica, del sitio web de Red Eléctrica de España

C. Secuencia “La enseñanza del Equilibrio Químico como estrategia para re-significar otros conceptos y modelos en el aula de Química”

Esta SD involucra un tema relevante y representativo por su interrelación con otros tópicos fundamentales y por su utilidad para la comprensión de una amplia gama de situaciones de interés. Conceptualmente posee una gran riqueza, si se tiene en cuenta el número de ideas que involucra. Esto a su vez, lo hace un tema complejo, dado que enseñarlo requiere atender a la vez a muchos conceptos y sus relaciones.

El Diseño curricular de la Provincia de Buenos Aires para el Ciclo Superior de la Enseñanza Secundaria (15 a 17 años) incluye, para todas las orientaciones, la materia Introducción a la Química con una carga de 72 horas anuales (2 horas semanales). El Eje temático 3: *Química en procesos industriales propone el estudio del equilibrio químico específicamente asociado a procesos industriales de interés. Dice explícitamente: La noción de equilibrio químico se trabajará en un nivel introductorio y, en tal sentido limitada a sistemas homogéneos en fase gaseosa. La constante de equilibrio será empleada para predecir el sentido en el que se producirá una reacción química a partir de la evaluación del cociente de reacción y para su cálculo a partir de las concentraciones de reactivos y productos en el equilibrio.*

Una comprensión acabada del equilibrio químico requerirá del trabajo integrado de conceptos y modelos provenientes de diferentes campos del saber. Cuando se analiza el comportamiento de un sistema en equilibrio químico, a partir del modelo cinético macroscópico (Cinética Química) es posible justificar la ausencia de evolución del sistema, a través de la comparación de las velocidades de las reacciones directa e inversa, lo cual se traduce en que no cambian las propiedades observables. El modelo cinético microscópico (Teoría de las colisiones) que considera los choques eficaces, las partículas que cambian de naturaleza (se rompen unos enlaces y se forman nuevos), permite interpretar que una reacción química se produjo a escala macroscópica (Sánchez, 2007). Otro de los posibles abordajes lo constituye el modelo termodinámico (Termodinámica de los procesos irreversibles), el cual permite justificar el estado de equilibrio.

Los conceptos de reacción química, ecuación química, reversibilidad, concentración, aparecen todos íntimamente ligados entre sí, en el estudio de este tema.

Un importante número de trabajos que plasman la problemática del aprendizaje de este tema lo muestran como uno de los que mayores dificultades de aprendizaje presenta. Existen revisiones vinculadas con ello que pueden consultarse para ampliar el conocimiento de lo que aquí se plantea (van Driel y Gräber, 2002; Raviolo y Martínez, 2003; Rocha, 2008). Cuando el alumno se enfrenta por primera vez con el aprendizaje del equilibrio químico, surgen un número y tipo de dificultades muy relevantes, muchas de las cuales tienen relación con la formación previa, más allá de las que son propias del tema particular.

A partir del análisis del contenido científico desde el punto de vista conceptual realizado anteriormente, se rescata como característica fundamental del estudio del equilibrio químico, la

interacción de los diferentes campos de la ciencia que contribuyeron a la construcción del conocimiento actual. El equilibrio químico se fundamenta en relación con conceptos y principios termodinámicos, pero puede resultar difícil conseguir una conceptualización adecuada del tema, si se comienza presentándolo relacionado solamente con la entalpía y con la energía libre, ya que se trata de un campo de la ciencia en el que los alumnos, en los niveles más básicos de instrucción en ciencias, aún no han iniciado su estudio y cuya comprensión resulta difícil incluso para muchos docentes. Muchas investigaciones han mostrado que aún alumnos con un nivel de desarrollo cognitivo adecuado, tienen dificultades para aprender un concepto o modelo científico determinado, dado que es necesario considerar además la influencia del conocimiento previo en relación con el tema.

Puede conseguirse una conceptualización inicial en relación con el equilibrio químico, a partir de un enfoque que permita interpretar microscópicamente algunos de los conceptos involucrados, en una aproximación que deje abierto el camino para integrar el aspecto termodinámico, más que pretender que ello ocurra proponiendo a los alumnos interpretar las condiciones de equilibrio químico en términos de funciones de estado (potenciales químicos) que se relacionan con la energía libre (G). Tomando como base estas consideraciones, se reorienta el trabajo de análisis de los conceptos y las relaciones tal como se muestran en la Figura 3, en la que los aspectos termodinámicos a introducir posteriormente en la instrucción, se han señalado en los recuadros.

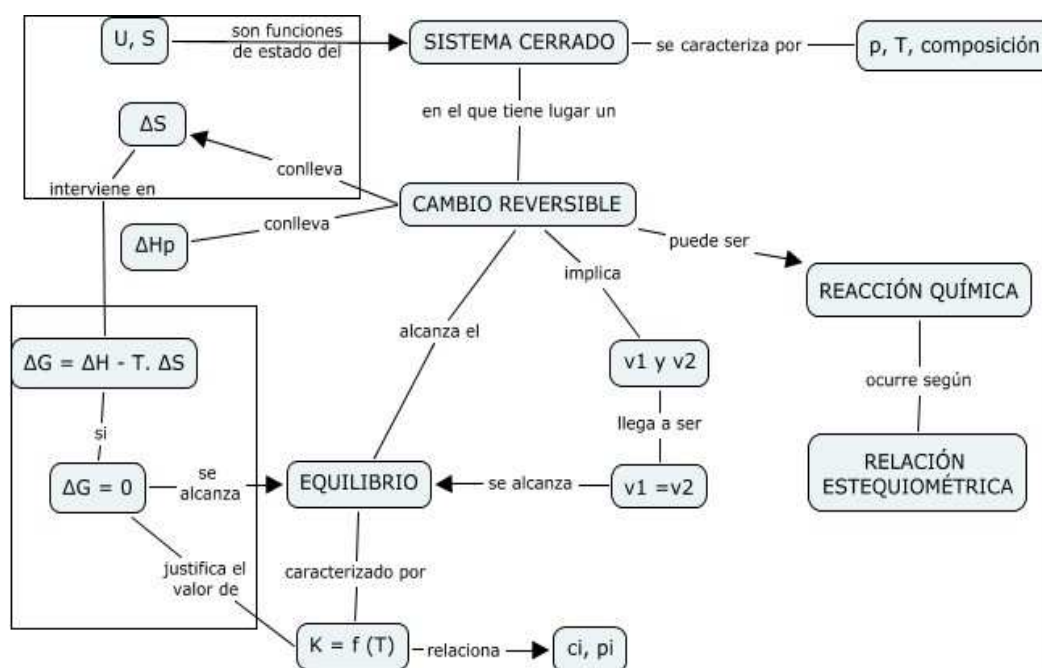


FIGURA 3. Estructura para la SD

Se propone trabajar realizando una aproximación desde la visión cinética del equilibrio dinámico, la cual, a su vez, se abordaría genéricamente para un cambio reversible, que puede ser una reacción química. Se deja para más adelante la discusión de cómo integrar los conceptos termodinámicos al tratamiento del equilibrio químico, dado que ello requiere de un profundo análisis de las dificultades propias de cómo se van integrando al conocimiento existente estos otros conceptos

En relación con los procedimientos que han de ponerse en juego en el desarrollo de la propuesta didáctica, se espera que el estudiante de ciencias no sólo interprete, comprenda las leyes, principios y teorías científicas, sino también que adquiera habilidades, destrezas y actitudes que en conjunto, contribuyan a su desarrollo integral. Aprender ciencias no sólo implica la construcción de nuevos significados, sino también adquirir la capacidad de razonar y argumentar sobre problemas de Ciencias (Domínguez Castiñeiras, 2000).

La propuesta didáctica apunta a la conceptualización del sistema en equilibrio dinámico, sin que se pretenda aún trabajar exhaustivamente sobre el comportamiento de estos sistemas frente a perturbaciones. La interpretación de la idea de sistema en equilibrio dinámico permite discutir con los alumnos aspectos relevantes del comportamiento de los sistemas físico-químico, que no se hacen explícitos habitualmente en la instrucción en Química, previo al estudio de este tema, por ejemplo, la idea de reversibilidad y la interpretación de la ecuación química como representación de cómo ocurre el proceso. A través de un

abordaje como el que propone la SD se puede apuntar a profundizar en la construcción de significados en relación con los sistemas químicos y su comportamiento.

IV. REFLEXIONES FINALES

Las SD que se presentan fueron elaboradas no como propuestas rígidas que deban implementarse tal como fueron pensadas, sino con el propósito de que cada docente las reinterprete a la luz de la realidad del aula, de la institución educativa y de su propia idiosincrasia.

El compromiso más importante es el de realizar, conjuntamente con todos quienes así lo deseen, un intercambio de experiencias que permita continuar ajustando las SD. Se pretende establecer un diálogo entre los investigadores autores de las propuestas y los profesores de enseñanza secundaria, con la intención de consolidar un puente entre la investigación educativa y las prácticas docentes. Para llevar adelante el trabajo conjunto se realizan seminarios de trabajo en el marco del GODCE y se dispone de un sitio WEB en el que los docentes poseen acceso a los materiales y expresan sus opiniones a través de encuestas especialmente diseñadas.

Las secuencias didácticas, motivo de la comunicación, pretenden aportar a los docentes de ciencias materiales de utilidad para el desempeño de su labor docente, en el marco de los diseños curriculares vigentes en los contextos argentino y español. Se considera relevante que la investigación didáctica asuma el reto de implicarse en las demandas que exige la formación docente en tiempos de la sociedad del conocimiento y promover puentes de retroalimentación del quehacer profesional e investigativo.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), a la Facultad de Educación de la Universidad de Santiago de Compostela (España) y a la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID).

REFERENCIAS

Bravo, S., Pesa, M., Colombo, E. (2001). Formación y actualización de maestros: una experiencia referida a la conceptualización de los fenómenos de la visión del color. *Revista de Enseñanza de la Física*, 14 (1), pp. 5-17.

Bravo, B., Eguren, L. y Rocha, A. (2008). Una propuesta para la enseñanza de la visión en educación secundaria. El rol del docente. *Memorias Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF IX)*. Rosario.

Bravo, B., Pesa, M. y Rocha, A. (2010). La visión y los fenómenos ópticos. *Revista Novedades Educativas* 237, pp.32-39.

Bravo, B., Pesa, M., Pozo, J.I. (2011). Aprendiendo a explicar el fenómeno de la visión: efectos de la enseñanza sobre el saber de los alumnos. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 5 (2), pp.562-572.

Chauvet, F., Kaminsky, W. (2002). Una tendencia del razonamiento: materializar los elementos de la física. En: Viennot, L. *Razonar en física: La contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado.

Chi, M.T.H. (2002). Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. En: Limón, M. y Mason, L (eds). *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Londres: Kluwer academic publishers.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires). (2009). *Diseño Curricular del ciclo Superior de la Educación Secundaria. 4º a 6º año*. La Plata.

Domínguez Castiñeiras, J. M (2000). *Evolución de las formas de hacer y de pensar sobre un sistema material, en el marco de la Termodinámica y del modelo de partículas. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento*. Tesis de doctorado. Universidad de Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones

Eichinger, D., Anderson, CH., Palicsar, A., David, Y. (1991). An illustration of the Roles of content knowledge, Scientific Argument and social norms in collaborative Problem Solving. Paper presented at the *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago. Illinois.

García de Cajén, S.B. (2007). *Perfiles argumentativos sobre la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica: currículo, libros de texto y profesorado*. Tesis de doctorado. Versión CD. Universidad de Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones

García de Cajén, S.B., Domínguez Castiñeiras, J.M. (2009). Perfil argumentativo del profesorado cuando resuelve un problema real sobre la transformación de energía eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII. Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Barcelona. pp. 3050-3054.

García de Cajén, S.B., Domínguez Castiñeiras, J.M., García-Rodeja, E. (2012). Análisis de la argumentación dialógica generada a partir de un problema auténtico sobre electricidad. *Revista Binacional Brasil Argentina (RBBA) "Diálogo entre as Ciências"*, 1(1), pp. 39-70.

Hewitt, P. (1999). *Física Conceptual*. 3ra. Edición. México: Addison Wesley Longman.

Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mortimer, E. (2000). *Linguagem e formacao de conceitos no ensino de ciencias*. Belo Horizonte: UFMG.

Novak, J. (1998). *Learning, creating and using Knowledge. Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. New York. Lawrence Erlbaum Associates. Inc.

Pérez-Landazábal, M.C., Favieres, A., Manrique, M.J., Varela, P. (1995). La energía como núcleo en el diseño curricular de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), pp. 55-65.

Pesa M., Cudmani L. (1993). Paralelismo entre los modelos precientíficos e históricos en la óptica. Implicaciones para la educación. *Caderno catarinense de ensino de física*. 10 (2), pp. 128-136

Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Editorial Morata SL.

Raviolo, A., Martínez, A.M. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*. 14 (3), pp. 60- 66.

Red Eléctrica de España. Demanda y producción en tiempo real. Fecha consulta: 17-02-2011. <http://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>.

Rocha, A. 2008. *Diseño de una propuesta didáctica y su contribución a la enseñanza y aprendizaje del tema Equilibrio Químico, para alumnos que ingresan en la Universidad*. Tesis de doctorado. Versión CD. Universidad de Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones.

Rocha, A.L., García de Cajén, S.B., Domínguez Castiñeiras, J.M. (comp.). (2011). *Materiales didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en educación secundaria y bachillerato*. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Salinas de Sandoval, J., Sandoval, J. (1996). Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. *Revista Enseñanza de Física*. 10 (2), pp. 32-34.

Sánchez, B.G., Valcárcel, P.M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), pp. 33-44.

Sánchez, P.J. (2007). *Enseñanza de la Cinética Química en Secundaria*. Tesis de Doctorado. Universidad de Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones.

Solbes, J., Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: Un principio de toda la Física. Unas propuestas y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), pp. 185-194.

Tiberghien, A., Vince, J. y Gaidioz, P. (2009). Design-based research: case of the teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), pp. 2275-2314.

van Driel, J., Gräber, W. (2002). The teaching and learning of chemical equilibrium (cap. 12). En: Gilbert y otros (eds.). *Chemical education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Verkerk G., y Bouwens R.E.A. (1993). Learning optics from seeing light. Proceeding of the *Conference. International Conference on physics education*. Universidad do Minho. Portugal.

Vosniadou, S., Brewer, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, pp.123-183.

XUGA (2008). Decreto 126/2008, del 19 de junio, polo que se establece a ordenación e o currículo do Bacharelato da Comunidade Autónoma de Galicia. Diario Oficial de Galicia, nº 120, 12.183, 23 de Xuño de 2008.