

Formación de profesores de química a partir de la explicación de fenómenos cotidianos: una propuesta con resultados

Roy Waldhiersen Morales Pérez¹, Franklin Alberto Manrique Rodríguez²

Grupo de Estudio en Química Cotidiana. Universidad Pedagógica Nacional. Colombia.

quimicacotidiana@gmail.com,¹ rwmorales@fucsulud.edu.co,² cobaltato@gmail.com

[Recibido en abril de 2010, aceptado en septiembre de 2011]

Este documento presenta los resultados de una experiencia con profesores en formación inicial del Proyecto Curricular de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, con quienes se desarrollaron unidades didácticas centradas en la explicación de fenómenos químicos cotidianos como estrategia para la formación de profesores de química, de las cuales se caracterizaron los niveles de representación químicos y la admisibilidad de las explicaciones construidas por los profesores en formación. Dicha iniciativa permitió consolidar un espacio que vinculó congruentemente aspectos disciplinares de la química con los de su didáctica, con el fin de aportar a sus integrantes recursos y metodologías para transformar las formas habituales de enseñanza, aprendizaje y evaluación de esta disciplina.

Palabras clave: química cotidiana; formación de profesores; unidades didácticas; explicación; niveles de representación del discurso químico; experimentos ilustrativos.

Chemistry teachers training from the explanation of everyday phenomena: a proposal with results

This paper shows the research results obtained with a group of pre-service chemistry teachers at Universidad Pedagógica Nacional, employing didactic units focused in everyday chemistry as strategy for chemistry teaching. The explanations of pre-service chemistry teachers for the analyzed everyday chemical phenomena were characterized according to its admissibility and chemical levels of representation. The project allowed consolidating a space which employs coherently disciplinary and didactic aspects of chemistry, contributing to the pre-service teachers with resources and methodologies to transform the traditional forms of teaching, learning and evaluation of chemistry.

Keywords: everyday chemistry; teacher training, didactic units; explanations; lecture demonstrations.

Introducción

Las investigaciones en didáctica de la química han mostrado que la formación inicial de profesores en esta disciplina, en el caso colombiano, aún se adelanta bajo un *paradigma habitual* desde el cual basta con conocer los aspectos disciplinares de la química para enseñarla, lo que conlleva a la incorporación de cátedras expositivas que abordan un sinnúmero de conceptos descontextualizados del entorno cercano a los profesores en formación y enfocados en la memorización de significados, métodos de evaluación tradicionales, prácticas experimentales limitadas a la comprobación de modelos teóricos y a la aplicación algorítmica de procedimientos, sumado a la existencia de espacios de formación en el conocimiento químico desarticulados con los espacios de formación del conocimiento didáctico etc., hechos que conllevan a la formación de nuevas generaciones de profesores convertidos en replicadores de la transmisión de conocimientos, de lo que siempre se ha hecho y se considera lo natural (Gallego y Gallego, 2006; Amador et al, 2007).

Ante dicha problemática, la didáctica de las ciencias experimentales ha aportado diversas alternativas, dentro de las que el tratamiento de fenómenos cotidianos en el aula de ciencias es uno de los más destacados actualmente (Jiménez, M. De Manuel, E. 2009). Las investigaciones en este enfoque muestran que, a pesar del auge reciente de tales propuestas, la química cotidiana sigue siendo contemplada por profesores y estudiantes como carente de rigurosidad científica, como algo obvio y sencillo en comparación con los contenidos químicos rigurosos, y que su introducción en el aula no va más allá de menciones ocasionales, anecdóticas y superficiales a manera de ejemplos, como mero espectáculo o entretenimiento para dinamizar los procesos del aula y generar interés por la clase, como ganchos para iniciar una temática que terminan siendo remplazados por las mismas estrategias de transmisión de información (Aragón, 2004; De Manuel, 2004; Jiménez. et al, 2002, 2003; Jones y Miller, 2001).

Química cotidiana: una posibilidad en la enseñanza de la química

¿Qué es eso de pantallas LCD? ¿Por qué son ahorradores los “bombillos ahorradores”? ¿Y por qué el agua de un charco se seca sin verla hervir? ¿Cómo calienta mi pizza el horno microondas? ¿Por qué en la playa no me quemo al aplicarme bloqueador solar? ¿Cómo funciona el encendedor de papá? ¿Por qué al aplicarme removedor de esmalte siento mis dedos fríos? ¿Cuál es y para qué sirve el gas disuelto en las bebidas carbonatadas? ¿Por qué una olla a presión cocina más rápido los alimentos? ¿Cómo funcionan los blanqueadores de ropa?

Estos e innumerables ejemplos más nos advierten de la presencia de la química en todas las actividades que desempeñamos diariamente: los fenómenos naturales que presenciamos a pequeña y gran escala en nuestro entorno, los alimentos y medicamentos que consumimos, las sustancias que manipulamos, los artefactos que utilizamos, etc. En este contexto, lo cotidiano es entendido como todos aquellos objetos, fenómenos y situaciones con los que nos relacionamos frecuentemente en nuestras actividades humanas diarias, lo que nos rodea en un mismo tiempo y espacio, *lo que todos conocemos pero cada uno de nosotros ignora* (Lefebvré, 1971, citado en Jiménez, sin fecha). Así, la química cotidiana (*etoquímica*, del griego *etho*: costumbre, hogar) *son hechos, situaciones o fenómenos químicos que resultan familiares, fácilmente inteligibles y utilizables en la enseñanza y el aprendizaje de la química* (De Manuel, 2004). Lo cotidiano depende del observador, de su experiencia diaria, edad y contexto particular, de forma que lo que es cotidiano para una persona en un contexto específico tal vez no lo sea para otro observador que se desenvuelve en otros contextos particulares (Jiménez y De Manuel, 2009).

Al contrario de lo que se podría pensar, abordar la enseñanza de las ciencias y particularmente de la química a partir de lo cotidiano no es una idea innovadora. De hecho, en la actualidad el profesorado dispone de una amplia gama de publicaciones, secciones de revistas de divulgación científica y enseñanza de las ciencias, websites, programas de televisión, videos, etc., enfocados en divulgar la presencia de la química en diversos aspectos de la vida diaria. Además, en los últimos años se ha presentado un aumento significativo en el número de eventos académicos y publicaciones relacionadas en la materia (Jiménez y De Manuel, 2009). Sin embargo, lograr que lo cotidiano se convierta en eje central del currículo y oriente los procesos de enseñanza y aprendizaje es un objetivo aún no logrado, pues todavía predominan los programas tradicionales que dedican muy poco tiempo para explorar la importancia de la química en la vida cotidiana de los estudiantes, y cuando se aborda de alguna u otra forma la referencia a lo cotidiano no pasa de lo anecdótico (Aragón, 2004; Garritz y Chamizo, 1994; Jones y Miller, 2001; Jiménez. et al, 2002).

En este sentido, la vinculación al currículo de aspectos cotidianos no es fructífera si el tratamiento que se hace de lo cotidiano queda como mero pasatiempo, espectáculo o

entretenimiento, como experiencias que simplemente decoran el transcurso de una clase, como punto de partida para ejemplificar de manera superficial al inicio o final de una unidad didáctica tradicional los conceptos científicos que luego son reemplazados por contenidos sofisticados (Jiménez, et al. 2002), donde las actividades cotidianas buscan servir de estrategia puramente motivacional, pero sin profundizar en el fundamento químico de tales fenómenos tras la sorpresa inicial (De Manuel, 2004).

Consideramos por tanto que abordar la enseñanza de la química a partir de lo cotidiano no disminuye la credibilidad y el rigor científico, sino que por el contrario enriquece el proceso de enseñanza de la química al darle prioridad en el aula a la explicación de procesos químicos que suceden a nuestro alrededor, permitiendo el intercambio de información en el colectivo, la construcción de argumentaciones que conllevan a su vez a aprender a leer, escribir y hablar en ciencias y en particular en química. (Jiménez, et al. 2003; Sánchez, 2007), siempre y cuando cuenten con objetivos didácticos bien definidos y el nivel de complejidad que se pretenda alcanzar (De Manuel, 2004).

Sobre la estrategia didáctica

Acogiendo un modelo de investigación- acción (Suárez, 2002), el proyecto planteó como principal objetivo desarrollar desde la química cotidiana una propuesta que sirviera como alternativa frente al paradigma habitual predominante en la formación de profesores de química. Para ello se creó un espacio extracurricular en el cual se aplicaron unidades didácticas centradas en química cotidiana para la enseñanza de algunos modelos químicos, caracterizando el tipo de explicaciones y el nivel de representación empleado por los profesores en sus explicaciones de objetos y fenómenos cotidianos.

Desarrollo de las Unidades Didácticas

Para el desarrollo de la propuesta de investigación, se creó el “Grupo de Estudio en Química Cotidiana”, colectivo conformado por Profesores de Química en Formación Inicial (PQFI) de diversos semestres de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes asistieron de manera voluntaria a sesiones semanales de dos horas distribuidos en dos grupos de trabajo con una asistencia promedio de 7 PQFI por sesión y 13 PQFI semanalmente. Durante este espacio se abordaron un total de cuatro unidades didácticas centradas en fenómenos cotidianos (ver Tabla 1 y Anexos 1 a 4), las cuales se desarrollaban en tres momentos:

- Realización de un *experimento ilustrativo*, entendido como un trabajo práctico destinado a interpretar un objeto o fenómeno, ilustrar un principio o mostrar una relación entre variables a partir de una aproximación cualitativa del fenómeno (Caamaño, 2004), utilizando materiales y artefactos de uso común y fácil acceso para abordar el objeto o fenómeno cotidiano de interés.
- Construcción de explicaciones a través de una representación simbólica (un dibujo, esquema o por escrito) una explicación del fenómeno postulado (Muñoz, R. 1995). Estas representaciones, como indica Galagovsky et al. (2009), sirven para conocer el modelo mental del profesor de química en formación inicial con respecto al objeto o fenómeno cotidiano.
- Socialización y discusión de las construcciones de cada profesor sobre el fenómeno químico cotidiano abordado (Martínez, 1999).
- Construcción colectiva de una explicación admisible al objeto o fenómeno cotidiano planteado como objeto de estudio (Justi, 2006).

- Desarrollo de actividades de contextualización, entendidas como situaciones o artefactos en las que se pone a prueba la explicación consensuada elaborada previamente.
- Discusión en torno a las implicaciones didácticas de la unidad didáctica implementada: identificación de concepciones alternativas, problemas de aprendizaje, alternativas para el desarrollo de prácticas experimentales, alcances y limitaciones de la propuesta, etc.

Sesión	Unidad Didáctica	Experimento ilustrativo	Actividades de contextualización	Modelos químicos involucrados
1	<i>Fenómenos de ebullición a presión reducida</i>	<i>Ebullición de agua por contacto con hielo.</i> <i>Ebullición de agua en una jeringa.</i>	<i>¿Ebulle una botella de gaseosa al ser destapada?</i>	<i>Equilibrio de fases, presión de vapor, ebullición, temperatura, presión</i>
2	<i>Solubilidad de gases en líquidos</i>	<i>Crecimiento de chupo por bebidas carbonatadas.</i>	<i>Cavitación en articulaciones, desastre del Lago Nyos y plagas bíblicas, Narcosis por Nitrógeno en buzos.</i>	<i>Ley de Henry, presión de vapor.</i>
3	<i>Fenómenos relacionados con sustancias gaseosas</i>	<i>Buzo de Descartes.</i> <i>Crecimiento de marmelos al vacío.</i> <i>¿Cómo introducir un huevo en una botella?</i>	<i>Flotación de globos aerostáticos, implosión de latas de gaseosa.</i>	<i>Presión atmosférica, ley de Boyle-Mariotte, ley de Charles, ley de Amontons- Gay Lussac, principio de Arquímedes, buoyancia.</i>
4	<i>Algunos artefactos de uso en el hogar</i>	<i>Iluminación de bombillos incandescentes en un horno microondas.</i>	<i>Composición y funcionamiento de lámparas incandescentes y fluorescentes.</i>	<i>Incandescencia, fluorescencia, modelo semicuántico de Bohr, radiación electromagnética, punto de fusión.</i>

Tabla 1. Unidades didácticas centradas en química cotidiana.

Se entiende por *unidad didáctica* una hipótesis de intervención curricular que responde a las ideas e intenciones de enseñanza del profesorado (Fernández, 2002.; Sanmartí, 2005).

Caracterización de explicaciones

De acuerdo con Ospina (2011), una explicación es una competencia cognitivo lingüística que permite presentar razonamientos o argumentos, estableciendo relaciones en el marco de las cuales los hechos explicados adquieran sentido y lleven a modificar un estado del conocimiento. Para la caracterización de las explicaciones de los profesores en formación, se adoptó la tipología propuesta por Sanabria (2007).

Explicaciones	Características
Iconicas	Representación a través de un diagrama, dibujo o gráfico.
Lingüísticas	Representación a través de construcciones escritas fenómenos o una porción de naturaleza.

Tabla 2. Tipología de las explicaciones. Tomado y adaptado de Sanabria, 2007.

A su vez, dichas explicaciones se clasificaron en tres categorías de admisibilidad: admisible, no admisible, y parcialmente admisible. Una explicación bien sea icónica o lingüística, es *admisible* cuando permite dar cuenta del objeto ó fenómeno químico cotidiano, esto es, cuando genera explicaciones válidas dentro del marco de los modelos químicos que se hacen objeto de trabajo en el aula. Si la explicación hace uso adecuado del discurso químico y lo relaciona

coherentemente, pero es insuficiente para dar cuenta del objeto o modelo químico cotidiano de interés, este es *parcialmente admisible*. Una explicación es *no admisible* cuando, si bien el profesor de química en formación inicial enuncia elementos del discurso químico a través de dibujos, esquemas, de forma escrita u otra forma simbólica, estos no se relacionan de forma coherente para dar cuenta del objeto o fenómeno cotidiano. La categoría “no responde” indica aquellos profesores de química en formación inicial que no responden al cuestionamiento planteado en la unidad didáctica correspondiente.

Admisibilidad de la explicación	La construcción permite una explicación admisible del fenómeno químico cotidiano.
	La construcción permite una explicación parcial del fenómeno químico cotidiano.
	La construcción no permite una explicación admisible del fenómeno químico cotidiano.
	No responde.

Tabla 3. Admisibilidad de las explicaciones.

Para la identificación de los niveles de representación de los modelos explicativos, se empleó la categoría propuesta por Jensen (1998), según la cual el discurso químico puede clasificarse en tres niveles de representación crecientes en complejidad, los cuales corresponden a tres etapas históricas revolucionarias en el proceso de consolidación de la química como ciencia. Dado que en esta investigación se hicieron objeto de estudio algunos modelos químicos para dar cuenta de objetos y fenómenos cotidianos, las explicaciones construidas por los profesores fueron categorizadas en tres niveles de representación: *molar*, *molecular* y/o *eléctrico*.

Nivel de Representación de la Explicación	Características
Molar	Se describen y explican las sustancias, sus propiedades y fenómenos a ellas asociadas a través de propiedades macroscópicas como color, olor, propiedades magnéticas, reactividad química, composición porcentual, punto de ebullición, punto de fusión, densidad, etc.
Molecular	Se describen y explican las sustancias, sus propiedades y fenómenos asociados señalando sus cualidades a nivel molecular a través de su composición, constitución y configuración (estructura), interpretación molecular de potenciales termodinámicos, mecanismos moleculares, etc.
Eléctrico	Las sustancias, sus propiedades y fenómenos asociados, se describen y explican acudiendo a modelos que señalan la naturaleza eléctrica de la materia como el modelo atómico semicuántico de Böhr, el modelo atómico cuántico de Schrödinger, el modelo de puntos de Lewis, la teoría de repulsión de pares electrónicos de la capa de valencia, TRPECV, teoría del enlace de valencia, TEV, teoría del orbital molecular, TOM, etc.

Tabla 4. Niveles de representación del discurso químico de los modelos explicativos.

Para la recolección de información se utilizaron dos instrumentos de carácter cualitativo: *composiciones* y *relatorias* (Amador, 2006; Sanabria, 2007). Durante las sesiones del grupo de estudio se dispuso un espacio de quince minutos tras la realización del experimento ilustrativo para que los profesores de química en formación elaboraran de forma individual la respectiva composición. Así, una vez elaboradas las composiciones por parte de los profesores de química en formación, se adelantó un conversatorio para socializar, discutir, argumentar y

contrastar los modelos elaborados de forma individual, con el fin de lograr acuerdos que conllevaran a la construcción en colectivo de una explicación admisible del objeto o fenómeno cotidiano de interés (Justi, 2006; Martínez, 1999; Sanabria, 2007). Las principales controversias, disensos y acuerdos adelantados por el colectivo en este espacio fueron consignados por escrito en una *relatoria* elaborada por uno de los investigadores a cargo. Es importante destacar que el papel en el conversatorio de los profesores investigadores fue el de suscitar, mediar y dirigir las controversias adelantadas al interior del colectivo, más allá de explicar la composición o funcionamiento de objetos y fenómenos cotidianos, o de señalar los modelos que son válidos y los que no.

Para el análisis de la información obtenida con los instrumentos de investigación señalados, se empleó la siguiente matriz, que fue sometida a validación externa de un par académico.

FQC	PQFI	Tipo de Explicación		Nivel de Representación			Admisibilidad del modelo
		<i> Icónica </i>	<i> Lingüística </i>	<i> Molar </i>	<i> Molecular </i>	<i> Eléctrico </i>	
J	1						
	(...)						
	n						

FQC: Fenómeno Químico Cotidiano.

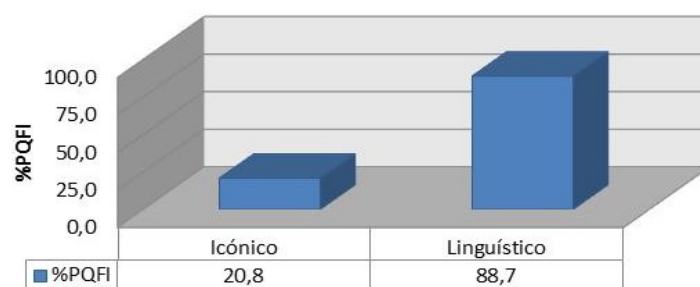
PQFI: Profesor de Química en Formación Inicial.

Tabla 5. Matriz de análisis de las explicaciones elaboradas por profesores de química en formación inicial, en relación con artefactos y fenómenos químicos cotidianos.

Resultados y analisis

Tal como se puede apreciar en la Gráfica No 1, los resultados obtenidos muestran que las explicaciones elaboradas por los profesores integrantes del grupo de estudio emplean primordialmente combinaciones simbólicas y lingüísticas para describir los componentes, delimitar los sistemas de los fenómenos cotidianos abordados y dar cuenta del comportamiento de los mismos.

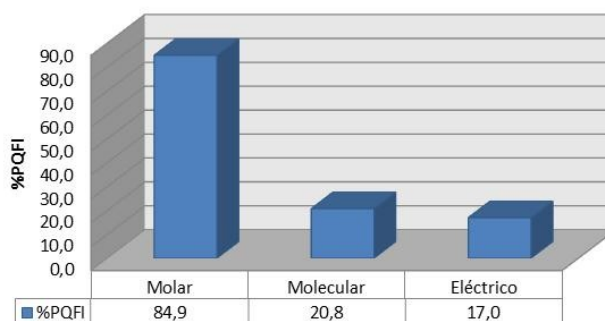
Gráfica No 1. Tendencia sobre el tipo de explicación



Lo anterior es congruente con lo encontrado por Sanabria (2007), mostrando que no existen explicaciones icónicas o lingüísticas puras, sino más bien una combinación de ellas que es dialógica y complementaria. Por otro lado, se encontró que el grupo de profesores de química en formación inicial utiliza principalmente niveles de representación molar a la hora de generar sus modelos explicativos en relación a fenómenos químicos cotidianos. Tal hallazgo evidencia que sus explicaciones se sustentan en hechos perceptibles macroscópicamente, pero que a pesar de que varios de los integrantes del grupo de estudio cursaban semestres avanzados de la

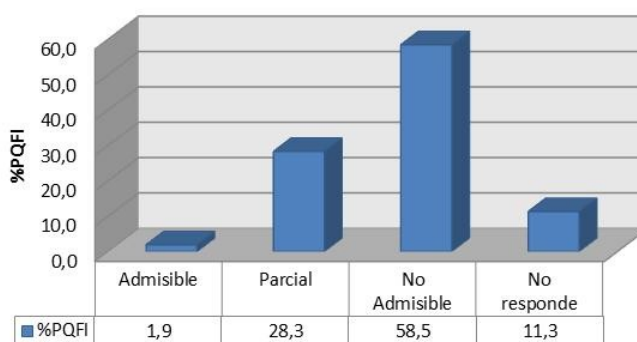
licenciatura, su discurso químico no puede ser extrapolado en los diferentes niveles de representación de la química.

Gráfica No 2. Tendencia para los niveles de representación de explicaciones



Por último, la Gráfica No 3 muestra que las explicaciones construidas individualmente poseen en general un bajo nivel de admisibilidad a la hora de explicar fenómenos químicos cotidianos. Dicho resultado genera notables interrogantes en cuanto a la capacidad que tienen estos profesores para abordar situaciones problemáticas abiertas, en donde más allá de dar definiciones sobre conceptos químicos o de aplicar de forma mecánica una serie de algoritmos para responder a un ejercicio, se ven convocados a poner en juego sus conocimientos, contrastándolos con los de sus pares y generando argumentaciones sustentadas para defender una posible explicación a un fenómeno químico cercano a su contexto.

Gráfica No 3. Tendencia sobre la admisibilidad de explicaciones



A continuación se presentan y analizan algunas de las explicaciones construidas por los profesores en formación en torno a la unidad didáctica correspondiente a la composición y funcionamiento de los bombillos incandescentes.

En el ejemplo expuesto en la Figura 1 se puede apreciar el uso adecuado y coherente de diferentes conceptos químicos con los que el profesor de química en formación construye una explicación lingüística sobre la composición y funcionamiento de las lámparas incandescentes. Dicho modelo describe adecuadamente la composición de la lámpara incandescente y señala la función de cada componente. Sin embargo, en cuanto a la explicación de la causa del proceso de iluminación, señala que el calentamiento generado por el paso de corriente eléctrica por el filamento hará que este se ionice, proceso que en realidad no ocurre. Por tal motivo y dado que describe aspectos la composición en el nivel molar de representación y señala aspectos comprensibles sólo desde el nivel eléctrico como por ejemplo emisión de radiación

electromagnética, este modelo explicativo lingüístico es parcialmente admisible en los niveles de representación señalados.

El bombillo es un bulbo de vidrio lleno de un gas inerte (noble) al cual se le sella una rosca con un par de electrodos los cuales están interconectados mediante un filamento de tungsteno. Su funcionamiento se basa en la conducción de electricidad por el filamento el cual se calienta hasta alcanzar su energía de ionización, en este punto el filamento emite radiación electromagnética en el espectro visible. El gas inerte permite que el cable no se oxide, además que evita la formación de impurezas en el filamento. Esto alarga la vida útil del bombillo. A esto lo quieren sacar del mercado puesto que consume mucha energía, de la cual mayoritariamente se pierde en forma de calor.

Figura 1. Fragmento de explicación lingüística parcialmente admisible para la composición y funcionamiento de lámparas incandescentes.

En el fragmento de la Figura 2 puede notarse que el profesor de química en formación hace uso de representaciones tanto icónicas como lingüísticas, donde el dibujo describe los elementos que constituyen el bombillo más no explica el funcionamiento de la lámpara incandescente. De otro lado, el texto que constituye el pilar de la explicación señala adecuadamente los componentes y la función principal de cada uno de ellos en el funcionamiento de la lámpara incandescente. Por ejemplo, señala que una característica importante del filamento es que éste debe ofrecer resistencia al paso de corriente eléctrica para generar el calentamiento del material, causa que según el profesor de química en formación es la que genera la emisión de radiación electromagnética en el rango visible. Dado que el profesor no explica de forma adecuada el proceso por el cual se produce la emisión de radiación electromagnética, y no identifica tanto las sustancias que hacen parte de la atmósfera al interior del bombillo como su función, el modelo explicativo se considera parcialmente admisible en el nivel de representación molar.

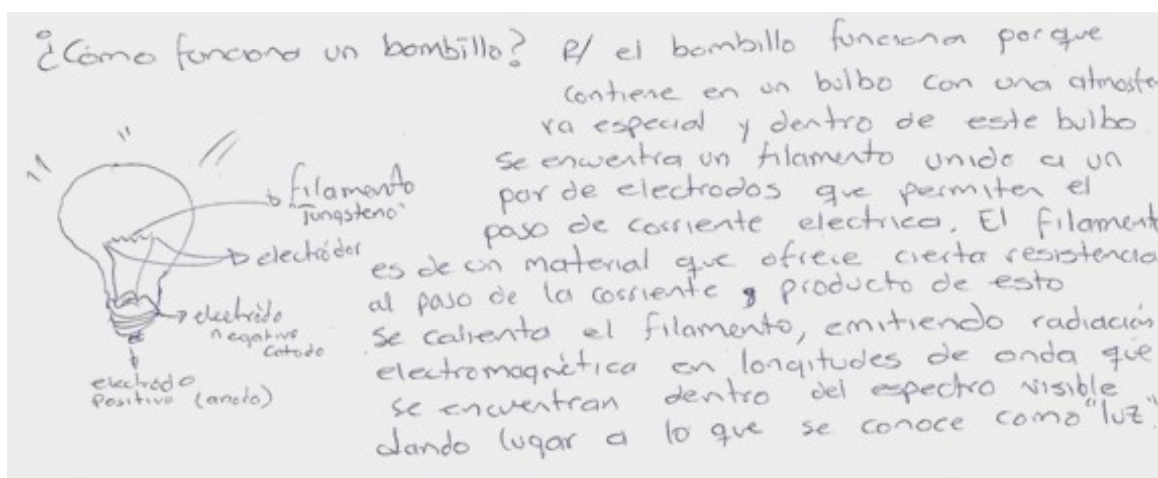


Figura 2. Fragmento de explicación icónica-lingüística parcialmente admisible para la composición y funcionamiento de lámparas incandescentes y fluorescentes.

En el ejemplo de la figura 3 es importante resaltar que si bien el profesor de química en formación inicial señala desde qué modelos químicos puede interpretarse el fenómeno químico cotidiano, tales modelos no le permiten construir una explicación admisible al fenómeno. Por ejemplo, el profesor expresa que al contacto del filamento con los alambres desde los cuales está soportado se *produce una carga eléctrica*, hecho que implicaría un continuo funcionamiento de la bombilla sin suministro externo de energía eléctrica. Por otra parte, en cuanto al funcionamiento de las lámparas fluorescentes, el profesor no explica de forma clara si el proceso por el cual estas emiten luz es producto del *flujo de electrones* o del *traslado del neón de forma gaseosa del ánodo al cátodo*, siendo este último un proceso que no ocurre. Por las anteriores razones, el modelo lingüístico explicativo que se puede ubicar en el nivel de representación molar-eléctrico no es admisible para dar cuenta del fenómeno químico cotidiano.

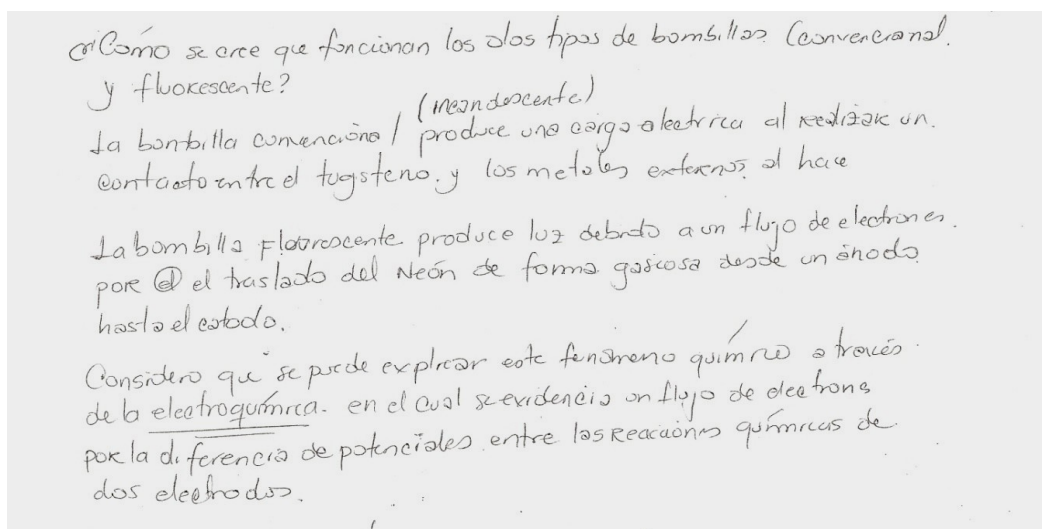


Figura 3. Fragmento explicación lingüística no admisible para la composición y funcionamiento de lámparas incandescentes y fluorescentes.

Finalmente, el fragmento de la explicación construida en colectivo durante el conversatorio (Cuadro 1), da cuenta de que las diferentes construcciones se conjugan, tras su discusión y contrastación, para desarrollar una explicación admisible de mayor complejidad y congruencia. Así mismo, y aunque no expuesto en este fragmento del consenso, la discusión en torno a las implicaciones didácticas destacó diversos aspectos sobre dicho fenómeno. En primer lugar, se resaltó que dicho fenómeno puede ser empleado como estrategia alternativa a la tradicional introducción del modelo semi-cuántico de Bohr, en la medida en que la explicación del fenómeno de incandescencia apela a varios conceptos propios de dicho modelo (excitación de electrones, saltos de orbitas, emisión de energía en forma de luz, etc.), como también para la identificación de concepciones alternativas en torno a la estructura y comportamiento de la materia en el nivel eléctrico.

"Los bombillos incandescentes están conformados por una capsula de vidrio soda cal que permite transmitir al medio la energía en forma de calor producida por el bombillo, una rosca de aluminio y un filamento de tungsteno de dos metros enrollado al interior del bombillo, empleado gracias a su inusual alto punto de fusión (3422°C), el más alto de los metales y únicamente superado por el del elemento carbono en la tabla periódica. Cuando el bombillo es conectado a una fuente de poder, una corriente eléctrica fluye de uno a otro de los contactos del bombillo. A medida que los electrones se mueven a través del filamento, éstos golpean continuamente a los átomos de tungsteno que lo conforman. Este constante impacto provoca vibraciones en los átomos y calienta el filamento al punto en que los electrones son excitados a un nivel superior de energía, los cuales al regresar a su estado fundamental de energía emiten fotones. El interior del bombillo está lleno de argón, un gas que por su baja reactividad química crea una atmósfera inerte para el filamento que impide que reaccione con el aire y de esta forma se aumenta su vida útil."

Cuadro 1. Fragmento de explicación consensuada para el funcionamiento de bombillos incandescentes.

De igual modo, la discusión resaltó cómo el estudio del diseño de tales artefactos cuenta con un importante componente histórico que permite ejemplificar las dinámicas de construcción del conocimiento científico. implicaciones ambientales y energéticas sobre el uso de estos artefactos (p.ej., disminución del uso de aceite de ballena como combustible para iluminación, bombillos ahorradores, lámparas fluorescentes).

Conclusiones

Una vez implementadas las unidades didácticas en el grupo de estudio, y tras analizar y caracterizar las explicaciones de los profesores en formación en cuanto a sus niveles de representación y admisibilidad, fue posible formular las siguientes conclusiones:

- Se consolidó un grupo de profesores en formación inicial, que vinculó la formación disciplinar en química a partir del abordaje de artefactos y fenómenos cotidianos y la formación disciplinar en didáctica de la química, a través de la discusión en colectivo acerca del qué y el cómo hacer objeto de enseñanza dichos fenómenos cotidianos en el aula de clase.
- Las construcciones simbólicas fueron primordialmente empleadas por los profesores en formación inicial para describir los componentes o delimitar los sistemas de los fenómenos químicos cotidianos abordados en sus explicaciones, mientras que las elaboraciones de tipo lingüístico se utilizaron en su mayoría para dar cuenta del comportamiento de los fenómenos químicos postulados.
- Los niveles de representación molar y molecular fueron los más utilizados entre los profesores en formación asistentes al curso a la hora de generar sus diferentes explicaciones.
- Los bajos niveles de admisibilidad de las explicaciones analizadas muestran que, aunque los profesores de química en formación inicial cuentan con un amplio referente teórico acerca de conceptos y modelos químicos, éste no les permite abordar problemas abiertos acerca de objetos y fenómenos cotidianos en donde más que definir y repetir información, se hace necesario el uso, aplicación e interrelación de tales referentes.
- La implementación de la propuesta comprobó que introducir lo cotidiano en la clase de química no va en detrimento del rigor que su enseñanza amerita, en la medida en que las composiciones de los profesores en formación de diferentes semestres *para un mismo fenómeno químico cotidiano* evidenciaron niveles progresivos de complejidad en cuanto a los modelos químicos empleados para su explicación, hecho que respalda la viabilidad de implementar propuestas centradas en química cotidiana en cualquier nivel educativo.
- La química cotidiana dinamiza notablemente los procesos en el aula, en la medida en que las actividades desarrolladas en las diferentes unidades didácticas generaron espacios de discusión donde los estudiantes formulan preguntas, generan hipótesis, controvierten las opiniones de sus compañeros y llegan a consensos sobre la explicación de un fenómeno químico cotidiano en particular.
- Las discusiones adelantadas al interior del Grupo de Estudio en Química Cotidiana permitieron no solamente generar consensos en torno a los fenómenos químicos cotidianos de interés, sino que también impulsaron el debate sobre la enseñabilidad de estos fenómenos en el aula de clase, de posibles estrategias para mejorar su enseñanza, de identificar concepciones alternativas para diferentes modelos químicos involucrados

en la explicación de los fenómenos, de promover el uso de experimentos ilustrativos como alternativa de trabajo experimental en el aula, de incentivar a los profesores en formación sobre el uso crítico del internet como fuente de información, así como también de promover la cultura de la lectura, la escritura y la oralidad en la clase de química.

Por último, la presente investigación no sólo debate la necesidad de fortalecer la formación del profesorado en cuanto a la generación de alternativas para la enseñanza de la química, sino que plantea un interrogante aun más amplio sobre la pertinencia del diseño curricular, y la metodología de enseñanza y evaluación que actualmente se aborda en el programa de licenciatura en química. Así, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la siguiente fase de la investigación se encaminará a diseñar y divulgar estas y otras unidades didácticas centradas en fenómenos químicos cotidianos, ahondando no solo en el fundamento químico y didáctico de los mismos, sino también empleando tanto aproximaciones histórico-epistemológicas como contextualizaciones y aplicaciones tecnológicas de los fenómenos abordados, todo con el fin de fortalecer la coherencia y el alcance de tales propuestas y aportar a la comunidad docente herramientas fundamentadas y versátiles para una enseñanza de la química a partir de este enfoque.

Referencias

- Amador, R. (2006). *Del modelo del flogisto al modelo de la oxidación. Una aproximación didáctica a la determinación de modelos mentales en la formación de profesores de química*. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C.
- Amador, R. Muñoz, L. Gallego, R. (2007) en Gallego, R. Pérez, R. Torres, L. (compiladores). *Didáctica de las ciencias: aportes para una discusión*. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Amador, R. Gallego, R. Pérez, R. (2008). Desde qué versiones epistemológicas los profesores en formación inicial construyen modelos mentales: una investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*. (24).
- Aragón, M. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 1 (2), pp. 109-121. En Línea: <http://reuredc.uca.es>. Fecha de recuperación: 26/11/09.
- De Manuel, E (2004). Química cotidiana y currículo de química. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*. Segunda época Enero-Marzo, pp. 25-33.
- Gallego, A. Gallego, R. (2006). *Acerca de la didáctica de las ciencias de la naturaleza. Una disciplina conceptual y metodológicamente fundamentada*. Bogotá, D.C.: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Galagovsky, L. Di Giacomo, M. A. Castelo, V. (2009). Modelos vs. Dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 8 (1). En Línea: <http://reec.uvigo.es>. Fecha de recuperación: 26/11/09.
- Garritz, A. Chamizo, J.A. (1994). Chemistry teaching through the student's world. *Journal of Chemical Education*. 71 (2), pp. 143- 145.
- Jensen, W. (1998a). Logic, history and chemistry text book. Does chemistry a logical structure? *Journal of Chemical Education*. 75 (6), pp. 679- 687.
- Jensen, W. (1998b). Logic, history and chemistry text book. Can we unmuddle the chemistry text book? *Journal of Chemical Education*. 75 (7), pp. 817- 828.

- Jensen, W. (1998c). Logic, history and chemistry text book. One chemical revolution or tree? *Journal of Chemical Education*. 75 (8), pp. 961- 969.
- Jiménez, M. Sánchez M. De Manuel, E. (2002). Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad o utopía? *Educación Química*. 13 (4), pp. 259- 266.
- Jiménez, M. Sánchez M. De Manuel, E. (2003). Química cotidiana: ¿amenizar, sorprender, introducir o educar? En Pinto, G. (editor). *Didáctica de la Química y la Vida Cotidiana*. Madrid: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Jiménez, M. De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿regresión o innovación? *Enseñanza de las Ciencias*. 27 (2), pp. 257- 272.
- Jiménez, M. De Manuel, E. (2009). La química cotidiana, una oportunidad para el desarrollo profesional del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 8 (3), pp. 878-900.
- Jones M., Miller C. (2001). Chemistry in the real world. *Journal of Chemical Education* 78 (4), pp. 484-487.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*. 24 (2), pp. 173- 184.
- Martínez, E. (1999). El diálogo un género literario olvidado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 17 (2), pp. 333-341.
- Muñoz, R. (1995). Escribir para aprender: ensayo de una alternativa en la enseñanza universitaria de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 13 (3), pp. 273-278.
- Ospina, N. Bonan, L. (2011). Explicaciones y argumentos de profesores de química en formación inicial: la construcción de criterios para su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 8 (1), pp. 2- 19. En Línea: <http://reuredc.uca.es>. Fecha de recuperación: 27/03/11.
- Sanabria, Q. (2007). *Modelos sobre disoluciones electrolíticas. Implicaciones en la formación de profesores de química*. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C.
- Sánchez, M. Jiménez, M. De Manuel, E. (2001). La vida cotidiana en los libros de texto de secundaria: contenidos relacionados con las reacciones químicas. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra VI Congreso, pp. 63-64.
- Sánchez, M. (2007). Aprendiendo química con el tratamiento culinario de frutas, hortalizas y verduras. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4 (3), pp. 489- 505. En Línea: <http://reuredc.uca.es>. Fecha de recuperación: 26/11/09.
- Suárez, M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1). En línea: <http://reec.uvigo.es>. Fecha de recuperación: 26/11/09. .

Anexo 1. Unidad Didáctica: Fenómenos de Ebullición a Presión Reducida

Fenómeno Químico Cotidiano Abordado: ¿Cómo lograr que el agua ebulle a una temperatura por debajo de su punto de ebullición a condiciones ambiente? Por qué la temperatura de ebullición del agua cambia con respecto a la altura del lugar donde se encuentra? ¿Es posible afirmar que una bebida carbonatada ebulle al ser destapada?

Conceptos Químicos involucrados: Equilibrio de fases, presión de vapor, ebullición, temperatura, presión.



Experimentos ilustrativos sobre ebullición a presión reducida

Materiales: Una jeringa de 80 mL con aguja, una barra de plastilina o silicona, plancha de calentamiento o estufa, Matraz Erlenmeyer de 250 mL con tapón de caucho, cubos de hielo, agua, aro con nuez, soporte universal.

Procedimiento 1: Calentar un volumen de agua hasta ebullición y dejar en reposo. Introducir el orificio de la aguja dentro de la barra de plastilina o silicona para impedir la entrada de aire por dicha cavidad. Separar la aguja de la jeringa y tomar un volumen de agua caliente. Asegurarse de no dejar burbujas al interior del volumen de agua. Una vez recolectada el agua sellar el orificio de la jeringa acoplando la aguja

Procedimiento 2: Calentar un volumen de agua hasta ebullición y dejar en reposo. Tapar la boca del matraz e invertirlo introduciéndolo dentro del aro con nuez. Frotar un cubo de hielo sobre la base del matraz

Preguntas Orientadoras: ¿Cómo varía el punto de ebullición de una sustancia con respecto a la altura y la presión atmosférica de un lugar? ¿Por qué ebulle el agua al halar el embolo de la jeringa? ¿Cambiará la temperatura de ebullición del agua bajo las condiciones de los experimentos? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?

Consenso: la ebullición del agua en la experiencia se logra por efecto de la reducción de la presión del medio, ya sea por medios mecánicos como en el caso de la jeringa o por la transferencia de energía entre el hielo y el vapor de agua en el matraz. Como consecuencia de dicha reducción, la presión de vapor del agua alcanza el equilibrio dinámico con una presión del medio menor que la requerida a condiciones ambiente para poder ebullicir, razón por la cual requiere menos energía y alcanza por ende una temperatura de ebullición menor.

Referencias:

Boiling water with ice <http://www.youtube.com/watch?v=zzVtbvVS2lQ> Fecha de recuperación: 20/08/11.

Ebullición a presión reducida. <http://www.youtube.com/watch?v=ILWP1cgLXKI>

Goodwin, A. (2001) ¿Are Fizzing Drinks Boiling? A Chemical Insight from Chemistry Education Research. *Journal of Chemical Education*, 78(3)

Anexo 2. Unidad Didáctica: Solubilidad de Gases en Líquidos

Fenómeno Químico Cotidiano Abordado: ¿Por qué se infla el chupo de un biberón al añadir una bebida gaseosa dentro de éste?

Actividades de Contextualización:

- “Yucas” en los dedos (cavitaciones en las articulaciones)
- Plagas bíblicas y la tragedia del lago Nyos
- Buceo: narcosis por nitrógeno

Modelos Químicos involucrados: Ley de Henry, presión de vapor, densidad, presión.

Materiales:

- 1 biberón mediano con chupo sellado
- 1 bebida gaseosa sin destapar (350 mL)



Experimento ilustrativo y actividades de contextualización relacionadas con la solubilidad de gases en líquidos. Expansión de un chupo por acción del CO₂. Fabricación y composición de gaseosas. El desastre del lago Nyos y las plagas bíblicas del Éxodo

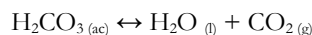
Procedimiento: Verter la gaseosa en el chupo hasta ocupar tres cuartos del volumen del biberón aproximadamente. Tapar el biberón rápidamente con el chupo.

Preguntas orientadoras:

- ¿Por qué se infla el chupo al ser agitada la bebida al interior del biberón?
- ¿Cuáles son los ingredientes de las bebidas carbonatadas?
- ¿Cuál es la función del gas y cómo se disuelve en la bebida?
- ¿Por qué las gaseosas se conservan preferiblemente refrigeradas antes de servir?

-Si la presión es directamente proporcional a la concentración del gas en la solución ¿Por qué el gas no se solubiliza en la bebida si el chupo muestra un aumento de su presión?

Consenso: básicamente, los ingredientes de una bebida gaseosa son agua, el jarabe que le da el sabor característico a la bebida y dióxido de carbono, el cual sirve como preservante al propiciar una atmósfera inerte en la bebida evitando el crecimiento de microorganismos aerobios, y es envasado a una presión de 3 bar. Las bebidas gaseosas se sirven preferiblemente frías gracias a que la disminución de la temperatura aumenta la solubilidad del dióxido de carbono en la bebida carbonatada. Por otro lado, el sabor “picante” de una bebida carbonatada es producto de la formación de ácido carbónico en la bebida, dada por la reacción:



Al destapar la bebida, la disminución de la presión no solo reduce la solubilidad del gas, sino que altera el sistema favoreciendo el equilibrio hacia la formación de dióxido de carbono. Si bien el inflamiento del chupo es prueba de la cantidad de gas generado por la bebida, la presión del gas confinado en el chupo no es lo suficientemente alta como para superar el valor de presión bajo el cual el gas comienza a solubilizarse en la bebida.

Referencias:

Expanding baby bottle nipple <http://www.youtube.com/watch?v=c8-E7fMVJek&feature=channel> Fecha de recuperación: 20/08/11.

Ley de Henry solubilidad de gases en líquidos <http://www.youtube.com/watch?v=nM6tZuSkXUM> Fecha de recuperación: 20/08/11.

-Cavitación en articulaciones (yucas)

Kimbrough, D. (2000). Noisy Knuckles and Henry's Law. *Chematters*. 18(4)

Kimbrough, D. (1999). Noisy Knuckles and Henry's Law. *Journal of Chemical Education*. 76(11)

-Narcosis por Nitrógeno:

Belleman, M. (2001) Scuba: The chemistry of an Adventure. *Chematters*. 19(1).

Buceo y Leyes de los Gases. En Chang, R. (2002) .Química. Séptima Edición. Mc Graw Hill. pp. 180-181.

Gases de la sangre y Buceo profundo. En Brown, T. (2004) Química, la Ciencia Central. Novena edición. Pearson Education. México. p. 496.

-Lago Nyos y Plagas Bíblicas

El Éxodo Decodificado. <http://www.taringa.net/posts/tv-peliculas-series/1294274/El-%C3%89xodo-decodificado.html>

El Lago Asesino. En Brown, T. (2004) Química, la Ciencia Central. Novena edición. Pearson Education. México. p. 480.

Anexo 3. Unidad Didáctica: Fenómenos Relacionados con Sustancias Gaseosas

Fenómeno Químico Cotidiano Abordado: ¿Por qué los marmelos crecen al colocarlos en una bomba de vacío? ¿Cuál es el fundamento químico del buzo de Descartes?

Actividades de contextualización:

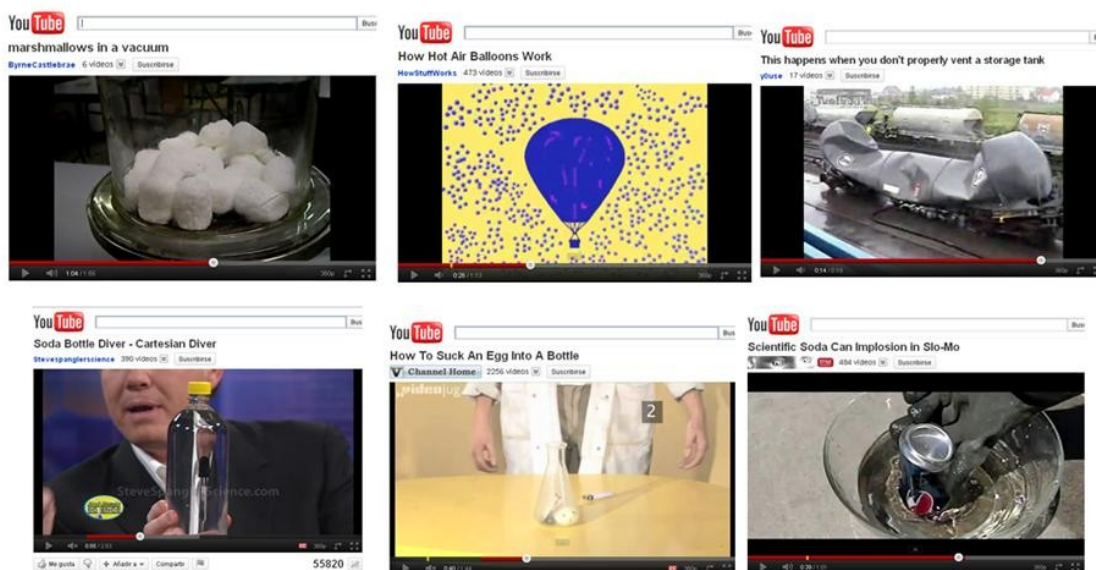
¿Cómo funcionan los globos aerostáticos?

¿Cómo introducir un huevo cocido dentro de una botella?

Implosión de latas de gaseosa

Embolia por descompresión en los buzos

Modelos Químicos Involucrados: Presión atmosférica, ley de Boyle-Mariotte, ley de Charles, ley de Amontons-Gay Lussac, principio de Arquímedes, buoyancia



Experimentos ilustrativos y actividades de contextualización para Fenómenos relacionados con sustancias gaseosas.

Buzo de Descartes

Materiales: Un gotero de vidrio. Una botella plástica con tapa llena con agua.

Procedimiento: Llenar el gotero con agua hasta tres cuartas partes de su volumen. Depositarlo dentro de la botella con agua y cerrarla con la tapa. El gotero debe flotar en la parte superior de la botella. Presionar la botella en los lados para observar el hundimiento del gotero. Al retirar la presión el gotero asciende de nuevo.

Masmelos al vacío

Materiales:

-Masmelos medianos

-Una bomba de vacío

-Un matraz erlenmeyer de 500 mL con desprendimiento lateral y tapón

Procedimiento: Introducir varios marmelos dentro del matraz. Colocar el tapón, conectar el desprendimiento lateral con la bomba de vacío y encenderla.

Preguntas orientadoras:

¿Por qué se hunde el gotero dentro de la botella?

¿Cuál es la relación entre la presión aplicada a la botella y el volumen de aire dentro del gotero?

¿Por qué los marmelos tienen un volumen menor que el inicial tras apagar la bomba de vacío?

Consenso: el gotero se hunde debido a que al aumentar la presión de la botella se introduce agua al interior del gotero, reduciendo el volumen de aire y aumentando la masa del gotero al punto de superar la fuerza boyante generada por el agua debajo de él. Al soltar la botella la columna de aire aumenta de volumen, desplazando parte del agua introducida y reduciendo el peso del gotero al punto de ser menor que la fuerza boyante ejercida por el agua. La relación entre la presión aplicada y el volumen de aire confinado dentro del gotero es inversamente proporcional, tal como lo establece la ley de Boyle-Mariotte. Químicamente, los masmelos pueden ser catalogados como coloides conformados por dióxido de carbono (fase dispersa) disuelto en el azúcar y el (fase dispersante). Al encender la bomba de vacío, estos crecen debido a que la remoción del aire al interior del matraz provoca una disminución de la presión con respecto a la presión del dióxido de carbono confinado dentro del masmelo, gas responsable de dar la apariencia abullonada a la golosina. Así, la reducción de la presión dentro del matraz permite el aumento del volumen del dióxido de carbono dentro del masmelo, reiterando la relación entre la presión y el volumen del un gas descrita por la ley de Boyle-Mariotte.

Referencias:

-Masmelos al Vacío

Marshmallows in a vacuum <http://www.youtube.com/watch?v=OHY9ffQhX68&feature=related> Fecha de recuperación: 20/08/11.

Broniec, R. (1982). Boyle's Law and the Monster Marshmalllow. *Journal of Chemical Education*, 59 (11).

-Buzo de Descartes

Sink or swim. The Cartesian diver. *Journal of Chemical Education*, 78 (2). Febrero de 2001.

<http://www.youtube.com/watch?v=j7EA1KRK7eI> Fecha de recuperación: 20/08/11.

Cartesian Diver applet: <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/f/f.htm> Fecha de recuperación: 20/08/11.

-Implosión de Latas de Gaseosa

Eichler (2009) Imploding Soda Cans. From Demonstrations to Guided-inquiry Laboratory. *Journal of Chemical Education*. 86 (4).

Gratton, L. (2006) An Extension of the Imploding Can Demonstration. *The Physics Teacher*. Vol. 44. Mayo.

This happens when you don't vent properly an storage tank: <http://www.youtube.com/watch?v=2WJVHtF8GwI&feature=related> Fecha de recuperación: 20/08/11.

-Funcionamiento de Globos Aerostáticos

Vanderboght, C. (2002) Hot Air Balloons. Gas and go. *Chemmatters Magazine*. 20 (2).

How hot air balloons work: http://www.youtube.com/watch?v=77Ej_Ayugxk Fecha de recuperación: 20/08/11.

-Experimento del Huevo en la Botella.

Adcock, L. (1998) The Egg in the Bottle Revisited: Air pressure and Amonton's Law. *Journal of Chemical Education*, 75 (12).

Egg in a Bottle <http://www.youtube.com/watch?v=ctjyu5ete6Y> Fecha de recuperación: 20/08/11.

How to Suck an Egg into a Bottle http://www.youtube.com/watch?v=_JBOX116Pzw Fecha de recuperación: 20/08/11.

Anexo 4. Unidad Didáctica: Algunos Artefactos de Uso en el Hogar

Fenómeno Abordado: ¿Cómo producen luz los bombillos incandescentes?

Modelos Químicos Involucrados: Incandescencia, fluorescencia, radiación electromagnética, energía interna, punto de fusión. Modelo semi-cuantizado de Bohr:



Videos acerca de la composición y funcionamiento de bombillos incandescentes. Experimento ilustrativo: encendido de un bombillo al interior de un microondas.

Preguntas Orientadoras:

-¿De qué están compuestos cada uno de ellos?

-¿Existe un gas al interior de los bombillos? ¿Sí? ¿No? ¿Cuál es su función?

-Si el bombillo puede considerarse como un circuito eléctrico, ¿Cuál sería el cátodo y el ánodo de un bombillo incandescente?

-¿Cual es la función del polvo blanco que recubre el interior de los tubos fluorescentes?

Consenso: ambos bombillos se encienden al interior del microondas como consecuencia de la excitación del gas al interior de ellos en primera instancia. Durante los primeros instantes del bombillo incandescente dentro del horno se aprecia la aparición de una luz color púrpura, producto de la excitación del argón al interior de éste. Sin embargo, al cabo de un tiempo el bombillo comienza a emitir la típica luz amarilla.

Básicamente, los bombillos incandescentes están conformados por una capsula de vidrio soda cal que permite transmitir al medio la energía en forma de calor producida por el bombillo, una rosca de aluminio y un filamento de tungsteno de 2 metros enrollado al interior del bombillo, empleado gracias a su inusual alto punto de fusión (3422 °C), el más alto de los metales y únicamente superado por el del elemento carbono en la tabla periódica. Cuando el bombillo es conectado a una fuente de poder, una corriente eléctrica fluye de uno a otro de los contactos del bombillo. A medida que los electrones se mueven a través del filamento, éstos golpean continuamente a los átomos de tungsteno que lo conforman. Este constante impacto provoca vibraciones en los átomos y calienta el filamento al punto en que los electrones son excitados a un nivel superior de energía. El

interior del bombillo está lleno de argón, un gas que por su baja reactividad química crea una atmosfera inerte para el filamento que impide que reaccione con el aire. A pesar de su extendido uso, la eficiencia de los bombillos incandescentes es bastante baja, ya que además de la luz buena parte de la energía que irradia es infrarroja, y solo un 20% de la luz emitida se encuentra dentro del espectro visible.

Referencias:

-Lámparas Incandescentes

How It's made: Incandescent Light bulb <http://www.youtube.com/watch?v=YnMP1Uj2nz0> Fecha de recuperación: 20/08/11.

-How a light bulb Works. Fecha de recuperación: 20/08/11.

-Is It A Good Idea To Microwave A Light Bulb? http://www.youtube.com/watch?v=ZUlcPqBXZg&annotation_id=annotation_549300&feature=iv Fecha de recuperación: 20/08/11.

-*Lighting*. En Toedt, J., Koza D. (2005) Chemical Composition of Everyday Products. Primera edición. Greenwood Publishing Group. USA. pp. 149-152.

-*What is the dark spot on the inside of a light bulb when it burns out?* En Karukstis, K. (2000) *Chemistry Connections: The Chemical Basis of Everyday Phenomena*. Primera edición. Academic Press. California. USA. pp. 87-89.

-*How does a light bulb work?* En Monk, P. (2004) *Physical Chemistry. Understanding our Chemical World*. pp. 469-482. John Wiley & sons. Inglaterra.