

Educación en la Química

Revista de la Asociación de Docentes
en la Enseñanza de la Química de la
República Argentina.

ISSN 0327-3504

Volumen 16
Número 2
2010

Para reflexionar

Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza sobre el comportamiento ácido-base de las sustancias. <i>C. Furió-Más, M^a L. Calatayud, S.L Bárcenas y C. Furió-Gómez</i>	59
Una propuesta para superar algunos desconceptos referidos a la conductividad eléctrica de diferentes metales <i>Oscar H. Pliego, Cristina S. Rodríguez, Liliana Contini, Stella M. Juárez</i>	83
Reflexiones sobre la capacitación de profesores. La construcción de modelos y la práctica experimental como promotores de la discusión. <i>Ignacio J. Idoyaga, Horacio Torti, Andrés Barrado, Diego Spena, M. Gabriela Lorenzo</i>	90

Ideas para el aula

Experiencia didáctica en el aula de ciencia: el suelo como integrador de conceptos químicos <i>Lucrecia E. Moro, María Alejandra Tintori Ferreira y María Gabriela Lorenzo</i>	99
Las simulaciones como una forma de efectivizar la unidad teórico - práctica en un curso de Química General. Ejemplificación en el caso particular del tema gases. <i>Sergio Baggio</i>	109

De interés

El premio Nobel de Química 2010 <i>E. Zamudio</i>	121
--	-----

Informaciones y novedades

Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales.....	124
Congresos, Jornadas y Seminarios de aquí y allá... 2010-2011.....	126

Revista de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina

Educación en la Química

es una publicación semestral de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, ADEQRA, Personería Jurídica N° 8933 que se distribuye gratuitamente a los miembros de esta Asociación. Es una revista que busca contribuir a la interrelación entre los docentes y los investigadores de las ciencias químicas y de la educación química. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, y todo otro aporte original que oriente el enriquecimiento y profesionalización del docente de química y colabore en el mejoramiento de su tarea.

Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores.

Se recomienda cautela al realizar los experimentos y demostraciones que se proponen.

Se autoriza la reproducción de los materiales, citando la fuente. (Título clave abreviado: Ed. en la Quim.)

Editor Responsable

Luz Lastres Flores
(ex-Universidad de B. Aires)

Co-editora

M. Gabriela Lorenzo
(Universidad de B. Aires-CONICET)

Colaboradora

Andrea S. Farré
(CIAEC-Universidad de B. Aires)

Consejo Asesor

Daniel Bartet (UMCE, Chile)
Erwin Baumgartner (Universidad de B. Aires)
Faustino Beltrán (Acad. Argentina de Artes y Ciencias de la Comunicación)
Marta Bulwik (ex ISP J. V. González, B.A.)
Raúl Chernikoff (Universidad N. de Cuyo)
Norma D'Accorso (Universidad de B. Aires)
Lilia Davel (Universidad de B. Aires)
Lydia Galagovsky (Universidad de B. Aires)
Andoni Garritz (UNAM, México)
Martín G. Labarca (Conicet)
Hernán Miguel (Universidad de B. Aires)
Norma Nudelman (Universidad de B. Aires)
Héctor Odetti (Universidad N. del Litoral)
Laura Vidarte (ISP J. V. González, B.A.)



ADEQRA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, Personería Jurídica N° 8933, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua..

Entre los fines y objetivos de la Asociación que figuran en su Estatuto, pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva.

Presidente: Luis Mario Costa

Vicepresidente: Mabel Santoro

Secretaria: Estela Zamudio

Prosecretario: Andres Espinoza Cara

Tesorero: Dante Oscar Tegli

Protesorera: Nancy Feito

1° Vocal titular: Andrés Raviolo

2° Vocal titular: Hernán Quevedo

1° Vocal suplente: Adriana Letícia Rocha

2° Vocal suplente: Raúl Chernikoff

Comisión revisora de cuentas

1° Titular: Adriana Caille

2° Titular: Rosa María Haub

3° Titular: Graciela Assenza Parisi

1° Suplente: Liliana Knabe

2° Suplente: Raúl Fernandez

Domicilio legal de ADEQRA

Instituto Superior de Formación Docente N° 24, B. Houssay. Pasaje Crámer (bis) 923 (1876) Bernal, Pcia de Buenos Aires, Argentina.

Para reflexionar

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA SOBRE EL COMPORTAMIENTO ÁCIDO-BASE DE LAS SUSTANCIAS

C. Furió-Más¹, M^a L.Calatayud², S.L Bárcenas³ y C. Furió-Gómez¹

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València, España

² I.E.S. 'Sorolla' de Valencia, España.

³ Unidad Académica Preparatoria. Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Resumen

Este trabajo propone una secuencia de enseñanza con la finalidad de ayudar a los estudiantes a aprender el comportamiento ácido-base de las sustancias. La secuenciación y organización de los contenidos a enseñar se ha basado en un trabajo previo sobre los problemas históricos que ha tendido que resolver la Química por diferentes modelos conceptuales para explicar el comportamiento ácido-base de las sustancias. El diseño de la secuencia de enseñanza se completa con un programa de actividades basado en el marco de orientación socioconstructivista. Este diseño ha sido aplicado a grupos experimentales de Química de Bachillerato (N=46) en un centro público. Para evaluar la efectividad de la secuencia de enseñanza, se ha elaborado y aplicado un diseño post-test. Las respuestas dadas por los estudiantes de los grupos experimentales se compararon con las de los estudiantes de un grupo control de la misma edad (N= 86) al que se le había enseñado mediante métodos convencionales. Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes del grupo experimental lograron un mejor aprendizaje del comportamiento ácido-base que los del grupo de control.

Palabras clave: comportamiento ácido-base, aprendizaje, secuencia de enseñanza, evaluación.

Design and assessment of a teaching sequence on acid-base behaviour of substances in high school

Abstract

This work proposes a teaching sequence, which is aimed at helping students to learn the acid-base behaviour of substances. In order to do so, we based the sequencing and organization of contents to be taught on a previous research about the main historical problems that Chemistry had to solve by different conceptual models to explain acid-base reactions. The learning sequence design is completed with an activity programme based on social

constructivist learning theory. This design has been applied to experimental group of high school students (N=46) at one public school. To evaluate the effectiveness of this teaching sequence, a post test design was employed. The answers given by the students in experimental groups were then compared to those provided by students in a control group of the same age (N=86), which had been taught with the conventional method. The obtained results show that students in experimental group using this programme achieve a better learning of the acid-base behaviour than those in the control group.

Key words: acid-base behaviour, learning, teaching sequence, assessment.

INTRODUCCIÓN

Diversas investigaciones didácticas muestran las dificultades de los estudiantes en las reacciones ácido-base y sugieren algunas soluciones para tratar de superarlas. Entre dichas investigaciones podemos citar: los estudios de Cros (1986) sobre las ideas de los estudiantes de 15 años sobre los ácidos y bases, Zoller (1990), Schmidt (1991) y Vidyapati y Seetharamappa (1995) señalan que en la neutralización los estudiantes piensan que “las sales formadas siempre tienen un pH 7”, Ross y Mumby (1991) tratan de los errores conceptuales sobre iones, bases, neutralización, ácidos y pH, De Vos y Pilot (2001) resaltan los problemas de aprendizaje con las diferentes teorías de ácido-base, Drechsler y Schmitd (2005) destacan la presentación de las teorías ácido-base utilizadas en los libros y por los profesores, Furió-Más et al. (2005) muestran las deficiencias epistemológicas y metodológicas en la enseñanza de las reacciones ácido-base tanto en los textos de química como en el profesorado. Estas deficiencias docentes y la existencia de concepciones alternativas persistentes de los estudiantes podrían explicar las dificultades de aprendizaje en los conceptos y teorías ácido-base (Furió, Calatayud y Bárceñas, 2007).

El presente trabajo trata de ver si es posible facilitar la superación de las dificultades de aprendizaje detectadas mediante estrategias didácticas innovadoras, basadas en los resultados de la investigación. Estas es-

trategias didácticas serán una parte importante de las orientaciones didácticas a considerar en el diseño y desarrollo de secuencias de enseñanza (Furió-Más and Furió-Gómez, 2009). Así pues, el objetivo del trabajo será diseñar, implementar y evaluar la eficacia de una secuencia de enseñanza aplicada a estudiantes (17-18 años) de Bachillerato sobre el comportamiento ácido-base de las sustancias basada en un modelo de aprendizaje de orientación constructivista. El modelo concebido como tratamiento científico de resolución de problemas (Guisasola et al., 2008) ya se ha utilizado con buenos resultados en el aprendizaje de otros conceptos complejos como los de campo eléctrico en Física (Furió et al., 2003) y cantidad de sustancia en Química (Furió et al., 2006). En el diseño se tendrá que seleccionar y secuenciar los objetivos y contenidos del tema a enseñar y, en particular, responder a las siguientes cuestiones:

¿Cuáles pueden ser las competencias específicas sobre el comportamiento ácido-base de las sustancias que han de adquirir los estudiantes de Bachillerato y las principales dificultades que van a encontrar?

¿Qué estrategias y materiales didácticos utilizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje que ayude a los estudiantes a superar las dificultades que se puedan presentar al implementar el tema de reacciones ácido-base?

¿Cómo evaluar si la implementación de la secuencia de enseñanza diseñada sobre el comportamiento ácido-base ha resultado eficaz?

2. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ÁCIDO-BASE DE LAS SUSTANCIAS

Si se pretende que la enseñanza ayude a que los estudiantes progresen adecuadamente en sus conocimientos superando las dificultades de aprendizaje, el profesorado no solo debe tener en cuenta sus ideas y razonamientos previos a la instrucción sino también las soluciones aportadas por la historia y epistemología de la ciencia a los problemas científicos (Hodson 1992; Furió et al.; 2005). La enseñanza de las ciencias debe integrar las dimensiones conceptual, procedimental y actitudinal del aprendizaje (Duschl and Gitomer, 1991; Pintrich et al 1992) y no puede ser ignorada la relación entre estas tres componentes (Hodson, 1992).

El aprendizaje como cambio conceptual destacó que los estudiantes habían de partir en su aprendizaje de sus propias ideas sobre los conceptos de la disciplina y que la enseñanza había de ser concebida como una intervención mediadora del profesor (Driver y Oldham, 1986). La meta final de la enseñanza ha de ser la reestructuración de las concepciones alternativas de forma que sus nuevas representaciones se aproximen a aquellos conceptos y argumentaciones con los que los científicos interpretan la realidad. Esta perspectiva del cambio conceptual está de acuerdo con una imagen de transformación del conocimiento que es central en una orientación socio-constructivista del aprendizaje: los estudiantes construyen activamente su propio aprendizaje a través de la interacción con sus ideas

previas y sus nuevas experiencias con la necesaria ayuda de otros estudiantes y, en particular, de los profesores (Guisasola et al, 2008; Leach & Scott, 2003; Duschl y Hamilton 1998; Duit y Treagust 1998).

Investigaciones como las de Driver et al. (1994) y las reseñadas por Wandersee et al. (1994) han proporcionado evidencias de que es preciso tener en cuenta los intereses y las ideas previas que los estudiantes llevan al aula a la hora de definir la selección de contenidos y de proponer metodologías para enseñarlos. Muchas de aquellas ideas previas están firmemente arraigadas en la estructura cognitiva de los estudiantes y son muy resistentes al cambio (Duit, Treagust y Mansfeld 1996). Aprender ciencias no implica necesariamente sustituir unos conocimientos por otros, sino más bien aprender a integrar jerárquicamente diferentes concepciones, mediante estrategias que permitan su reestructuración (Mortimer y Scott, 2000). Según Leach y Scott (2002) hay unas propuestas mejores que otras para enseñar un tema y por tanto, puede ser importante para la enseñanza de las ciencias proponer estrategias didácticas que constituyan un puente entre aquellos principios orientadores generales y las secuencias de enseñanza en el aula (Lijnse y Klaassen, 2004).

El diseño de una secuencia de enseñanza bien fundamentada supone un proceso complejo en el que se determinan los objetivos de la enseñanza de un tema y se diseñan actividades con la finalidad de que los estudiantes alcancen dichos objetivos (Leach y Scott, 2002 y 2003; Meheut 2004). En la preparación de esta secuencia didáctica se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar los contenidos y organizarlos como una secuencia estructurada a modo

de hilo conductor del microcurrículo basándose tanto en la epistemología de la ciencia como en el conocimiento empírico de las ideas e intereses de los estudiantes (Osuna, Martínez-Torregrosa et al., 2007; Guisasola, Furió & Ceberio, 2008). Como se ha mostrado en investigación, a veces, las dificultades de aprendizaje son semejantes a los problemas históricos en la construcción del conocimiento científico (Furió et al., 1987; Wandersee et al., 1994; Driver et al., 2000; Niaz, 2008).

- Definir los indicadores de aprendizaje concebidos como competencias específicas (en sentido amplio, son los conocimientos específicos, habilidades y actitudes integrados) que han de alcanzar los estudiantes y conocer las dificultades que se les pueden presentar en la adquisición de dichos indicadores debidas a sus ideas previas y razonamientos cotidianos.
- Decidir el modelo de aprendizaje que se va a utilizar y seleccionar coherentemente las estrategias de enseñanza a implementar. En el caso de optar por un modelo de orientación

socio-constructivista, se diseñará y elaborará una secuencia de enseñanza en forma de programa de actividades en el que se tendrán en cuenta la secuenciación de contenidos y las estrategias metodológicas a utilizar (Domínguez et al., 2007) para que los estudiantes adquieran las competencias previstas (Driver & Oldham, 1985; Furió et al., 1994).

- Implementar el programa de actividades en el aula y evaluar la efectividad de la secuencia de enseñanza mediante valoración de las competencias logradas por los estudiantes que han participado en la innovación didáctica.

De acuerdo con una orientación socio-constructivista del aprendizaje (Leach & Scott 2003, Meheut 2004) se ha diseñado y elaborado la secuencia de enseñanza como un programa de actividades. Necesariamente se introducen estrategias metodológicas para superar los obstáculos y dificultades detectadas (Domínguez, Furió & Guisasola, 2007) y, finalmente, adquirir las destrezas deseadas (Driver & Oldham, 1985). Así, la elaboración de secuencias de enseñanza se debe basar en las ideas expuestas en la tabla.

Tabla 1. Uso de la investigación en el diseño de secuencias de enseñanza

Ideas y razonamientos de los estudiantes	Análisis epistemológico de los contenidos del currículum escolar	Intereses, actitudes y valores
Dificultades de aprendizaje	Indicadores de aprendizaje	Aspectos CTSA
Objetivos de enseñanza Plantear problemas específicos y objetivos en una secuencia que tiene un hilo conductor	Aprendizaje interactivo Estrategias de enseñanza	

2.1. Secuenciación de los contenidos en el estudio de las reacciones ácido-base

El análisis epistemológico de cómo se construyeron las primeras hipótesis para explicar las reacciones ácido-base se basa en la aceptación de la existencia de varios modelos históricos que condujeron a los orígenes y desarrollo de la Química como ciencia moderna (Jensen, 1998; Justi & Gilbert, 2002). En la enseñanza de la Química se ha visto que los profesores suelen yuxtaponer el modelo macroscópico empirista de los siglos XVI al XVIII con el primer modelo submicroscópico más conocido como teoría atómica clásica de la materia del siglo XIX (Gabel, 1998; Furió-Más & Domínguez-Sales, 2007). Como ya se indicaba en un trabajo anterior (Furió-Más, Calatayud & Bárcenas, 2007) “aquellos dos niveles (macroscópico y submicroscópico) de representación se relacionan cuando el químico trata de explicar las propiedades de las sustancias en el mundo macroscópico con modelos tales como la teoría atómica de la materia donde se introducen las moléculas, los átomos, los iones y los electrones”. En el trabajo citado se presentan dos mapas: el primero con las propiedades de las sustancias iónicas y de las moleculares polares que son las que se van a utilizar en el tema de las reacciones ácido-base (modelo macroscópico) y el segundo con las propiedades de las entidades (iones o moléculas) de las sustancias anteriores (modelo submicroscópico) con las que se tendrán que explicar, entre otros, los procesos de disolución acuosa, disociación iónica, ionización de las sustancias ácidas y básicas en medio acuoso y, especialmente, las reacciones de neutralización de ácidos y bases y de hidrólisis ácida y básica de sales aparentemente neutras.

A continuación se expone brevemente el

hilo conductor de la selección de contenidos del microcurrículum que se va a utilizar en las clases de Química de Bachillerato con el fin de delimitar, posteriormente, los indicadores de aprendizaje y las posibles dificultades que van a tener los estudiantes en este estudio.

2.1.1. Estudio del comportamiento de los ácidos y de las bases (modelización macroscópica)

Esta primera parte del estudio trata de familiarizar empíricamente a los estudiantes con las propiedades características de los ácidos y de las bases (sabor, reacción con metales, cambios de color en indicadores, conductividad eléctrica de las disoluciones acuosas de estas sustancias, etc.). Así mismo, los estudiantes han de aprender, de entrada, la definición funcional de la neutralización como una reacción entre un ácido y una base para formar como nuevas sustancias una sal y agua. Los estudiantes han de elaborar diseños experimentales para cuestionar las principales propiedades de ácidos y bases antes indicadas. Además, las actividades que se propongan tratarán de que el estudiante relacione lo que se está aprendiendo en clase con cuestiones de la vida diaria (el uso de antiácidos, el carácter básico del detergente empleado en el lavado de la ropa, etc.). La introducción de estas interacciones CTSA es esencial para promover en los estudiantes su interés personal y/o social por la cultura científica.

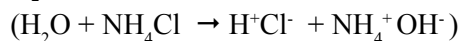
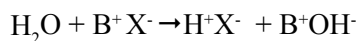
Una vez realizado este primer estudio fenomenológico, se planteará la búsqueda de la explicación causal de porqué un cierto compuesto se comporta como ácido o como base.

2.1.2. Explicación de la naturaleza de los ácidos, bases y sus reacciones según el modelo conceptual de Arrhenius

Una explicación sobre el comportamiento ácido-base de las sustancias fue dada por Arrhenius en 1884. Recordemos que esta explicación se contextualiza en una época, a finales del siglo XIX, en que ya se había asumido por la mayoría de la comunidad científica el modelo atómico-molecular de la materia y en el que se había introducido por Faraday la noción de ion como átomo o grupo de átomos con carga eléctrica positiva (catión) o negativa (anión). Conceptos que resultaron básicos para explicar la electrólisis de disoluciones acuosas de sales. Arrhenius propuso que las sustancias con carácter ácido cuando se disuelven en agua aumentan la concentración de iones hidrógeno (H^+) y las sustancias con carácter básico aportan iones OH^- a la disolución. La neutralización entre un ácido y una base es explicada ahora por la desaparición de los iones H^+ y OH^- aportados respectivamente por aquellas sustancias formándose agua y la sal correspondiente.

Este modelo resuelve algunos de los problemas conocidos pero hubo otros que no tuvieron fácil solución en este modelo conceptual y se introdujeron hipótesis *ad hoc*. Por ejemplo, para explicar el comportamiento anómalo de sales supuestamente neutras como Na_2CO_3 o NH_4Cl ya que no presentan H^+ ni OH^- en su composición y que, sin embargo, al disolverse en agua tienen reacción ácida o básica, respectivamente. Se tuvo que introducir por Arrhenius el concepto de *hidrólisis* como hipótesis auxiliar en la que el agua, además de disolver y disociar estas sales de ácido débil y base fuerte o viceversa, puede intervenir como reactivo que las puede descom-

poner según el esquema general siguiente:



Como podemos observar y según esta modelización conceptual, la hidrólisis se concibe como una reacción opuesta a la neutralización.

Otro problema que soluciona el modelo conceptual de Arrhenius es la explicación del *anfoterismo* de algunos compuestos, como $Al(OH)_3$ o $Zn(OH)_2$, gracias a que se acepta la posibilidad de disociarse formando protones o iones hidroxilo según la basicidad o acidez relativa de las sustancias con las que reaccionan. Sin embargo, es preciso resaltar que hubo problemas que no pudo resolver este modelo, tales como los siguientes:

- Este modelo solamente puede explicar aquellas reacciones de neutralización que están dentro del campo de validez definido por el propio modelo, es decir, las que se producen en disolución acuosa. Por tanto, escapan a este dominio tanto la explicación de los procesos de neutralización en fase gaseosa como la de las reacciones que transcurren en disolventes no acuosos así como la de las neutralizaciones de óxidos a elevada temperatura.
- Se presentan también nuevos problemas teóricos irresolubles por el modelo de Arrhenius como es la imposibilidad de aceptar que, desde un punto de vista energético, puedan existir iones H^+ libres en el medio acuoso. En efecto, el reducido tamaño de estos iones les confiere una elevada densidad de carga y, por tanto, su poder polarizador es muy grande. Los iones H^+ tenderán a rodearse automáticamente de moléculas de agua formando estructuras que pueden ser iones H_3O^+ , $H_9O_4^+$ o más complejos como $H^+(H_2O)_{21}$.

La existencia de problemas en un modelo

teórico es la primera condición necesaria, aunque no suficiente, para que pueda ser sustituida por otro más útil y prometedora que les pueda dar solución.

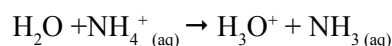
2.1.3. El modelo de Brønsted-Lowry como una conceptualización de las reacciones ácido-base más general

Esta nueva modelización que reinterpretó los procesos ácido-base fue fundamentada separadamente por Brønsted y Lowry en 1923. En este nuevo marco se redefinen todos los conceptos implicados que utilizó el modelo de Arrhenius para explicar estas reacciones (ácido, base y reacción ácido-base) y se amplía su campo de validez no limitándolo a neutralizaciones en solución acuosa. Por otra parte, este nuevo modelo ha de ser capaz de resolver algunos de los problemas que no resolvió el modelo de Arrhenius como, por ejemplo, explicar las reacciones ácido-base en fase gaseosa o la reacción ácida o básica de sales 'neutras' al disolverlas en agua sin necesidad de idear hipótesis ad hoc como la de la hidrólisis.

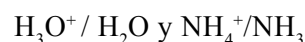
En el nuevo modelo conceptual no existe un tratamiento especial para el disolvente y el agua es considerada como una sustancia más que puede actuar como ácido o como base. Se definen como especies ácidas aquellas entidades elementales, iones o moléculas, capaces de ceder protones y como especies básicas las capaces de aceptar protones. Se postula que la reacción ácido-base consistirá en una transferencia de protones entre las partículas ácidas y las básicas originándose otras partículas básicas y ácidas conjugadas, respectivamente. Es decir, estas reacciones de transferencia protónica se consideran como interacciones entre dos pares de entida-

des ácido/base conjugadas.

En este modelo de Brønsted-Lowry tanto la hidrólisis de sales como la neutralización de ácidos y bases en solución acuosa han de ser consideradas igualmente como reacciones ácido-base, de transferencia protónica, y en consecuencia sería erróneo interpretarlas como procesos distintos como ocurría en el modelo de Arrhenius. Así por ejemplo, la hidrólisis ácida de la sal amónica se simboliza como sigue:



y se interpreta como una reacción ácido-base entre los pares conjugados



en la que el ion amonio, como 'ácido', cede un protón a la molécula de agua que actúa como base.

2.2. Indicadores de aprendizaje en el estudio de las reacciones ácido-base

Una vez visto el hilo conductor de la secuencia de contenidos que se va a implementar en estudiantes de bachillerato (17-18 años) ya podemos derivar los indicadores de aprendizaje que han de adquirir los estudiantes así como las principales dificultades que se van a presentar en los estudiantes de Química del Bachillerato. Como ya indicábamos (Furió et al., 2007) la jerarquía de dificultades estará en consonancia con el aumento de complejidad de los niveles de representación y, en consecuencia, en el cuadro 2 presentamos los indicadores y dificultades de aprendizaje de las reacciones ácido-base en tres apartados relativos a la conceptualización macroscópica del comportamiento ácido-base de las sustancias, a la submicroscópica y a la relación entre ambas representaciones.

Tabla 2. Competencias específicas a adquirir por los estudiantes para explicar las reacciones ácido-base y dificultades de aprendizaje que se pueden presentar

A) Modelo macroscópico	Dificultades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Saber diferenciar, a partir de sus propiedades, una sustancia iónica de otra que no lo es. En particular, han de saber distinguir empíricamente una sustancia iónica de otra molecular polar. Por ejemplo, viendo diferencias en los puntos de fusión y ebullición, estados físicos en condiciones ambientales, etc. • Reconocer las propiedades semejantes de las sustancias iónicas y algunas sustancias moleculares polares, tales como su fácil disolución en agua y conductividad eléctrica de estas disoluciones. • Saber que los ácidos, bases y sales pertenecen al conjunto de sustancias iónicas y moleculares polares caracterizadas por tener otras propiedades específicas como colorear ciertos indicadores o atacar a metales. En particular, han de saber que los ácidos y las bases ‘neutralizan’ sus propiedades al combinarse y formar las sales y también que algunas de las sales neutras al disolverse en agua tienen un comportamiento ácido o básico anómalo (hidrólisis). 	<ul style="list-style-type: none"> • La falta de familiarización empírica del estudiante con las propiedades de las sustancias iónicas hace que tenga dificultades para diferenciarlas de las que no lo son y, en particular, no saben predecir el carácter ácido o básico de determinadas sustancias conocidas. Esto, por ejemplo, les lleva a afirmar que el agua es una sustancia iónica. (Johnstone. 1990) • Al no disponer de referentes empíricos el estudiante recurre a la fórmula de la sustancia para derivar a partir de ella su comportamiento ácido o básico al disolverla en agua. Como en una fórmula empírica no se diferencia entre átomos (o grupos de átomos) y iones, se asocia la presencia de H o OH en la fórmula con la reacción ácida o básica, respectivamente de la sustancia representada simbólicamente (Furió-Más et al., 2007). • De forma coherente con la dificultad anterior, cuando en la fórmula no aparecen átomos de H o grupos OH el estudiante asigna carácter neutro a la sustancia sin plantearse ninguna prueba empírica (Furió-Más et al, 2007)
B) Modelo Submicroscópico y simbólico	Dificultades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Saber reconocer, a partir de la fórmula empírica, las entidades de una sustancia iónica (sus iones) y de una molecular polar (sus moléculas). En particular, han de saber las fórmulas de los ácidos, bases y sales que se manejan habitualmente. • Saber predecir los iones que se formarán al disolver en agua una sustancia iónica o molecular polar. • Saber diferenciar átomo y ion elemental del mismo elemento a partir de sus características estructurales o de su comportamiento. • Saber el significado que se atribuye a cada uno de los símbolos y dígitos existentes en la fórmula de un ion poliatómico. Ello implica: a) saber que los subíndices indican el número de átomos de cada elemento que hay en el ion; b) saber cuál es la carga del ion (superíndice de la fórmula); c) saber cómo están unidos los átomos en el ion poliatómico (al menos, saber hacer la estructura de Lewis de las uniones covalentes entre los átomos que forman el ion). 	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes no diferencian un átomo de un ion y un ion de un dipolo eléctrico molecular. Como consecuencia van a tener, en general, dificultades para interpretar y diferenciar los procesos en los que interaccionan las sustancias. • El significado que se atribuye a cada uno de los símbolos y dígitos existentes en la fórmula de un ion poliatómico no es comprendido totalmente por los estudiantes, lo que les lleva a asociar la carga del ion poliatómico a uno de los átomos que hay en su fórmula y que, en general, cuando es negativa suelen atribuírsela al oxígeno que es el que se considera más electronegativo.

C) Competencias en la relación entre las modelizaciones macroscópica y submicroscópica	Dificultades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Comprender a escala submicroscópica cómo se disuelven las sustancias iónicas y moleculares polares en agua. • Saber explicar cuál es el mecanismo de la conducción de la corriente eléctrica en una disolución iónica. • Saber cómo se produce a escala submicroscópica las reacciones ácido-base según el modelo de Arrhenius y el de Brønsted. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes no comprenden el proceso de disolución de una sustancia iónica por el agua en el nivel submicroscópico porque no comprenden la interacción ion-dipolo eléctrico. • Los estudiantes transfieren la explicación de la conducción eléctrica de los metales (circulación de electrones por la disolución) al caso de los electrolitos (Furió-Más et al., 2007). • Por último señalar que los estudiantes superponen los modelos de conceptualización macro y submicro, como por ejemplo atribuir propiedades macroscópicas ácidas/básicas a un átomo o a un ión. • Los estudiantes no saben diferenciar los procesos de disociación (de sustancias iónicas cuando se disuelven en agua), ionización (de sustancias moleculares polares en el agua), neutralización de ácidos y bases e hidrólisis de sales aparentemente neutras, como consecuencia de no distinguir una sustancia iónica de otra que no lo es, a partir de sus fórmulas.

2.3 Elaborando la secuencia de enseñanza basada en el modelo de aprendizaje como tratamiento de investigaciones orientadas

Nuestra propuesta trata de fundamentar la enseñanza de las ciencias en actividades que involucren a los estudiantes en la práctica de las características del trabajo científico (Gil & Carrascosa, 1994). Este modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que hemos denominado *'enseñanza-aprendizaje como actividad de investigación guiada'* (Guisasola et al., 2008; Furió et al., 2003) se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Se trata de una reflexión colectiva y de debate sobre el tratamiento científico de situaciones problemáticas de interés en forma de programa de actividades. Este programa ha de tener presentes las dimensiones conceptual, procedimental y actitudinal que se consideran básicas en la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica (Hodson, 1988; Burbules y Linn, 1991).
- Los estudiantes participan y discuten

entre ellos las actividades propuestas, distribuidos en pequeños grupos. Después de cada actividad los equipos presentan sus conclusiones y hay un intercambio de información entre los estudiantes y el profesor. La tarea mediadora del profesor es fundamental ya que, entre otras, ha de moderar los debates, reformular y matizar las argumentaciones de los estudiantes, sintetizar las conclusiones y presentar la siguiente actividad conectándola con el hilo conductor de los contenidos.

- Las estrategias que se muestran en la tabla 3 tratan de resumir los aspectos esenciales de la actividad científica que han sido enfatizados por la historia y filosofía de la ciencia, pero que, habitualmente, no se tienen en cuenta en el proceso de enseñanza. En particular, se destaca la necesidad de incluir en el currículum las relaciones Ciencia, Técnica, Sociedad y Ambiente que ayudan a motivar e implicar a los estudiantes en el aprendizaje de la Química (Solbes y Vilches, 1997).

Tabla 3.- Estrategias de enseñanza para el aprendizaje de las ciencias como actividad de investigación orientada

<ol style="list-style-type: none">1) Concebir situaciones problemáticas que generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea, teniendo en cuenta las ideas, destrezas y actitudes de los estudiantes.2) Potenciar análisis cualitativos de situaciones problemáticas, que ayuden a comprender y acotar el problema. Mediante esta actividad los estudiantes explicitan funcionalmente sus ideas.3) Realizar un tratamiento científico de los problemas, lo que implica, entre otras cosas:<ul style="list-style-type: none">-Invencción de conceptos y formulación de hipótesis (nueva oportunidad para que los estudiantes hagan explicitas sus concepciones alternativas).-Elaboración de posibles estrategias para resolver problemas, incluyendo, donde se considere apropiado, el diseño y realización de experimentos para cuestionar las hipótesis emitidas.-Plantear el análisis detenido de los resultados a la luz del cuerpo de conocimientos disponibles, que puedan producir conflictos cognitivos entre diferentes concepciones y así requerir la formación de nuevas hipótesis.4) Proponer la aplicación de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para profundizar y consolidarlos, poniendo especial énfasis en las relaciones CTSA.5) Favorecer, especialmente, actividades de síntesis (esquemas, resúmenes,...), la elaboración de trabajos con un objetivo determinado que incrementen el interés por la tarea y que permitan proponer nuevos problemas.
--

- Los objetivos y contenidos del tema se organizan y secuencian en el programa de actividades siguiendo un hilo conductor, en forma de situaciones problemáticas, teniendo en cuenta las estrategias mencionadas anteriormente (Osuna et al., 2007)
- La eficacia del aprendizaje logrado se puede medir al final de la instrucción. Para ello, se compara el grado de conocimiento sobre el tema que posee un grupo experimental de estudiantes que ha seguido la enseñanza mediante el método propuesto con el que posee un grupo de estudiantes de control, de características similares y que han recibido enseñanzas convencionales con los mismos objetivos y contenidos.

2.4 Construyendo el programa de actividades para el desarrollo del tema sobre el comportamiento ácido-base de las sustancias

Para implementar este tema mediante el modelo de aprendizaje como investigaciones guiadas, se desarrolló una secuencia de problemas (tabla 4) a partir de los cuales se diseñaron las actividades que enfatizan las estrategias didácticas de la tabla 3. Esta secuencia se compone de tres columnas, la primera centrada en preguntas estructurantes sobre el tema a tratar que faciliten el proceso de aprendizaje, la segunda basada en la secuencia de ideas que han de aprender y que sirve de hilo conductor a la unidad didáctica, y la tercera centrada en las explicaciones que han de dar basándose en los conocimientos científicos que han sido enseñados.

Tabla 4. Secuencia de enseñanza del comportamiento ácido-base de las sustancias

Planteamiento de cuestiones concernientes al tema ácido-base	Ideas, procedimientos y actitudes sobre la ciencia de han de aprender	Explicaciones científicas que han de comprender
¿Qué interés tiene estudiar las reacciones ácido-base?	<ul style="list-style-type: none"> • Valorar la importancia de este tipo de sustancias (relación entre los términos ácido y base y productos de la vida la vida cotidiana). 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantearse la búsqueda de que da explicación a la diversidad de aplicaciones de las reacciones ácido-base.
¿Qué aspectos se podrían estudiar en este tema?	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer el contenido del tema con ayuda del profesor 	
¿Cómo podríamos identificar el comportamiento de una sustancia como ácido o como base?	<ul style="list-style-type: none"> • Familiarizarse con observaciones empíricas o informaciones sobre los fenómenos a estudiar. • Diseño y realización de comprobaciones experimentales llegando hasta la neutralización de propiedades de los ácidos con bases y a la hidrólisis de sales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptualizar macroscópicamente el comportamiento ácido-base de base las sustancias (propiedades).
¿Cómo justificar el comportamiento ácido-base de las sustancias con el modelo de Arrhenius?	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de a realización de experimentos, la emisión de hipótesis y la selección de estrategias adecuadas, elaborar un modelo explicativo. Argumentar con teorías para explicar fenómenos macroscópicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación del comportamiento ácido-base de las sustancias con un primer modelo submicroscópico, como el de Arrhenius.
¿Presenta limitaciones este modelo submicroscópico?	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la validez del modelo y sus limitaciones. En particular, se presentará el problema de la hidrólisis de sales 'neutras' y su resolución en forma de hipótesis ad hoc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer los procesos ácido-base observados que no son explicados por el modelo de Arrhenius • Saber que problemas deja sin resolver
¿Cómo explicar el comportamiento ácido-base de las sustancias con el nuevo modelo conceptual de Bronsted-Lowry?	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un nuevo modelo Conceptual. • Argumentar con modelos a nivel submicroscópico para explicar fenómenos macroscópicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación del comportamiento ácido-base de las sustancias: con el modelo conceptual de Brønsted-Lowry. • Validez del modelo y limitaciones.
¿Es lo mismo el comportamiento de una de una molécula que el de una sustancia?	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir entre los modelos macro y microscópico y submicroscópico y así evitar, por ejemplo, que se atribuyan propiedades macroscópicas a los iones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Saber establecer adecuadamente relaciones entre los modelos macroscópico y submicroscópico.
¿Cómo se explican con los modelos de sustancia iónica y de sustancia molecular polar otras propiedades de los ácidos, bases y sales?	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar con los modelos de sustancia formada por iones y de sustancia formada por moléculas polares otros procesos como la conductividad eléctrica de sus disoluciones acuosas. *Evaluar la validez del nuevo Modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Saber diferenciar procesos como, por ejemplo, la disociación iónica y la ionización de moléculas polares en disoluciones acuosas de, p.e., sales y ácidos, respectivamente. -Comprender el mecanismo de la conductividad eléctrica en disoluciones acuosas de ácidos, bases y sales

Con este hilo conductor en forma de secuencia de situaciones problemáticas se elaboró un programa de actividades como material didáctico de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. En el próximo apartado se presentarán, a título de ejemplos, algunas de las actividades propuestas en el programa de actividades con los registros obtenidos en las discusiones de los pequeños grupos de alumnos en el aula.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA IMPLEMENTAR LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y ANALIZAR SU EFICACIA

Para evaluar la eficacia de la secuencia de enseñanza-aprendizaje diseñada, determinaremos si los estudiantes de bachillerato han adquirido las competencias en tres aspectos básicos del tema propuesto: la predicción del comportamiento ácido-base de las sustancias, la identificación de las reacciones de neutralización y la identificación de las reacciones de hidrólisis.

El diseño experimental se ha elaborado usando metodologías cualitativa y cuantitativa para comparar los resultados de aprendizaje de los grupos experimentales y los de control.

Se han tomado dos grupos experimentales (N=46) de estudiantes (17-18 años) y tres grupos control (N=86), ambas muestras corresponden a estudiantes del mismo instituto de enseñanza secundaria de la ciudad de Valencia. La distribución de los estudiantes del mismo curso en los distintos grupos formados se realizó por el Centro de forma aleatoria basándose en el orden alfabético. Los profesores de ambos grupos tienen más 10 años de experiencia docente. Los objetivos y contenidos son los mismos en ambos

grupos. Todos los grupos de estudiantes tuvieron 4 clases semanales de Química con una duración de 60 minutos/clase. El tema de reacciones ácido-base fue desarrollado durante 4 semanas en los grupos experimentales y 3 semanas en los grupos control. Para la enseñanza en los grupos experimentales se ha seguido el modelo de enseñanza basada en investigaciones guiadas ya indicado anteriormente en el que se aplicaba el programa de actividades secuenciadas donde se abordan problemas desde un enfoque científico, elaborado por los propios autores.

El modelo de enseñanza seguido en los grupos control consistía en la transmisión verbal de los conocimientos científicos, caracterizada por la explicación del contenido conceptual y la aplicación de los conceptos mediante realización de ejercicios. Este tipo de enseñanza no favorece la reflexión colectiva de los estudiantes que facilita la construcción del conocimiento científico a partir de sus concepciones alternativas (Bodner, 1986).

Tanto los grupos control como los experimentales habían recibido en cursos anteriores las mismas enseñanzas sobre el comportamiento de los ácidos y las bases.

La parte cualitativa del diseño elaborado consiste en la grabación de las discusiones llevadas a cabo por los estudiantes en los grupos experimentales para analizar las dificultades de aprendizaje que aparezcan así como las reflexiones y debates. Los estudiantes se distribuyen en clase en grupos de 4-5 y cada uno de estos grupos dispone de una grabadora. De todos los registros recogidos se han seleccionado algunas discusiones de los grupos como ejemplo para cada actividad. La interpretación de los diálogos se realizará de forma separada por tres profesores expertos

y solo se considerará dicha interpretación cuando coincidan los resultados de todos ellos. Los estudiantes discuten sobre los tres aspectos básicos citados anteriormente, mediante el programa de actividades secuenciadas para estudiar este tema, que consta de 45 actividades, pero que dada su extensión solo se presentarán una selección de ellas en la sección de resultados.

Para la segunda parte del diseño se han elaborado tres cuestionarios para evaluar el grado de comprensión de los estudiantes al finalizar el tema de ácido-base sobre cuatro aspectos básicos elegidos: a) la predicción del comportamiento ácido-base de tres sustancias; b) la explicación submicroscópica de algunas propiedades como la disolución de las sustancias y la conductividad eléctrica de disoluciones acuosas de ácidos bases o sales; c) identificación e interpretación de reacciones de neutralización a partir de sus esquemas de reacción y d) reconocimiento e interpretación de reacciones de hidrólisis también a partir de sus representaciones simbólicas. Estos cuestionarios se han aplicado tanto a los grupos experimentales como a los de control. El contenido de los ítems de cada cuestionario está basado en las dificultades de aprendizaje del comportamiento ácido-base detectadas en estudios previos (Furió, Calatayud y Bárcenas, 2007) y se presentan en la sección de resultados. Cada uno de los ítems fue validado en los objetivos perseguidos por tres profesores expertos. Fue aplicado a todos los grupos al finalizar el tema de reacciones ácido-base.

Para comparar los resultados de los grupos control y experimental se usó el estadístico chi cuadrado (χ^2) para averiguar si las diferencias entre ambos grupos son significativas o no. En las tablas de presentación de resultados se mostrará, en primer lugar, el ítem, luego los resultados de

respuestas correctas (%) obtenidos por los estudiantes del grupo control y su desviación estándar. A continuación el porcentaje de respuestas correctas del grupo experimental y su desviación estándar y, por último, se presenta el valor obtenido para χ^2 . Se considerará que hay diferencias significativas si este valor es mayor que el teórico para una probabilidad menor o igual al 5%.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En primer lugar mostramos los resultados cualitativos obtenidos en las grabaciones de audio de las discusiones del grupo experimental y, posteriormente, se presentan los resultados obtenidos en la aplicación de los mismos cuestionarios al grupo experimental y al de control.

4.1. Presentación y análisis de los resultados cualitativos obtenidos en algunas de las actividades propuestas al grupo experimental al implementar el programa de actividades

Las actividades que se presentan son sólo una breve descripción de los materiales de enseñanza que se aplican en clase. En este trabajo sólo se incluyen algunas actividades teniendo en cuenta las competencias perseguidas (tabla 2), las orientaciones metodológicas (tabla 3) y la secuencia de situaciones problemáticas (tabla 4) expuestas anteriormente. Los estudiantes distribuidos en pequeños grupos discuten las actividades que se les proponen. El profesor les ayuda, orienta, favorece la reflexión grupal y el debate y reformula completando las ideas de los estudiantes y explicando cuando sea necesario.

A continuación se presentan fragmentos de algunos de los registros de audio obtenidos

en las discusiones de los grupos al proponerles algunas de las actividades del programa.

Debate sobre el interés del estudio del comportamiento ácido-base de las sustancias

Al iniciar el tema y después de una breve presentación del profesor, se plantea

una actividad para introducir el tema, generar interés y proporcionar una concepción preliminar de la tarea:

A.1. ¿Por qué puede tener interés el estudio de las reacciones ácido base? ¿Qué aspectos se podrían estudiar en este tema?

A continuación se muestra un fragmento del diálogo entre 5 estudiantes de un grupo:

1. *Vicenta: Yo creo que es importante conocer si el champú usado para lavarse es ácido, básico o*
2. *neutro para evitar que la piel se irrite.*
3. *Francisco: Yo también me pregunto porque sustancias tales como el amoníaco, el hidróxido de*
4. *sodio, la lejía, etc. se utilizan para limpiar y cuál es el pH adecuado para el agua de una*
5. *piscina, ya que, si es ácido, puede producir irritación en los ojos*
6. *Vicenta: Yo pienso que es muy importante conocer porque nosotros tomamos antiácidos.*
7. *Deberíamos estudiar lo que es un ácido y una base*
8. *Teresa: Además deberíamos de estudiar la reacción que hay entre ellos.*

Esta actividad trata de relacionar lo que se enseña en este tema con la vida cotidiana. Los estudiantes se dan cuenta de que algunas sustancias habituales en nuestras casas se utilizan como productos de limpieza. También están interesados por el pH de algunos productos y el pH del agua de las piscinas, en el uso de los antiácidos y en sustancias de gran importancia industrial obtenidas a partir de los ácidos y las bases tales como jabones, detergentes, etc. (Chang, 1998). Finalmente, los estudiantes señalan que en este tema se debería estudiar que es un ácido y una base y la reacción que pueda haber entre ellos. El profesor hace una evaluación positiva de estas respuestas y presenta un hilo conductor de los contenidos a estudiar en este tema.

- Identificación del comportamiento macroscópico de una sustancia como ácido o como base

El objetivo de la siguiente actividad es caracterizar fenomenológicamente los ácidos y las bases.

A.4. ¿Cómo averiguarías si las siguientes sustancias son ácidas: HCl , $NaOH$, C_6H_{12} , CH_3CH_2OH , CH_3COOH , H_2SO_4 ?

Los estudiantes disponen de estas sustancias así como de indicadores y de información de los cambios de color de los mismos para un ácido y una base. También se había diseñado y montado en el desarrollo del tema un circuito para medir la conductividad de las sustancias así como habían llevado a cabo alguna reacción de estas sustancias con metales.

A continuación se muestra un fragmento del diálogo entre 5 estudiantes de un grupo:

1. Ana: *HCl es un ácido porque decolora el indicador (fenolftaleína) y conduce la*
2. *corriente eléctrica.*
3. Pedro: *Además el HCl reacciona con Zn para dar cloruro de cinc como hemos visto en el*
4. *experimento que hemos realizado.*
5. Josefa: *Yo creo que el etanol es una base similar al NaOH.*
6. Ana: *Yo pienso que el etanol es un ácido porque tiene H como el HCl*
7. Juan Luis: *Yo no recuerdo que el etanol cambie de color con el indicador ni que conduzca la*
8. *corriente eléctrica. Él no puede ser ni un ácido ni una base. Yo no sé lo que es.*

Las respuestas de los estudiantes se pueden clasificar en dos categorías. Una basada en un criterio empírico (reacción con metales, cambios de color del indicador, conductividad eléctrica en disolución acuosa). Por ejemplo Ana hace uso de este criterio. Otra categoría de respuestas está basada en explicaciones causales. En este caso, Josefa (línea 5) y Ana (línea 6) parecen asociar la existencia de H o OH en su fórmula con el comportamiento ácido o básico de las disoluciones acuosas, sin tener en cuenta si los H son ionizables o no. Es habitual en la enseñanza de las reacciones ácido-base introducir rápidamente el uso de los símbolos químicos sin explicar los conceptos subyacentes en las fórmulas y en las ecuaciones químicas. De esta forma se favorece el aprendizaje memorístico de los símbolos y los estudiantes los adaptan a su propia forma de

pensar para solucionar la cuestión.

- **Explicación submicroscópica del comportamiento ácido-base de una sustancia. Utilización de modelos**

La siguiente actividad plantea intentos de explicación del comportamiento ácido o básico, de diseño y realización de experimentos para verificar esas explicaciones.

A.5. ¿Por qué las disoluciones acuosas de ácidos como H_2SO_4 , bases como NaOH o sales como NaCl son conductoras de la corriente eléctrica y por qué otras sustancias como el etanol no lo son? Diseña un experimento y llévalo a cabo para verificar las explicaciones dadas.

A continuación se reproduce la discusión de un grupo de estudiantes:

1. Vicenta: *Nosotros tenemos una pila, cables y una lámpara. Conectamos la pila a unos*
2. *electrodos sumergidos en una disolución ácida contenida en un vaso. Si la lámpara*
3. *se enciende, el ácido conduce y si no lo hace, la disolución no es conductora.*
4. Francisco: *No. Nosotros tenemos una disolución de H_2SO_4 , si la lámpara se enciende el ácido es*
5. *conductor.*
6. Vicenta: *H_2SO_4 debe conducir porque forma iones en disolución, se disocia. Pero ¿quién se*
7. *disocia el agua o el H_2SO_4 ?*
8. Francisco: *El agua*
9. Vicenta: *Yo pienso que el agua se disociará, así los grupos OH del agua reaccionaran con los*
10. *protones del ácido sulfúrico*
11. Teresa: *El ácido sulfúrico y el agua se disocian en $2H^+$, SO_4^{2-} y H^+ , OH. El H_2SO_4 conduce*
12. *porque en disolución contiene iones y estos conducen.*
13. *Mirad la lámpara se enciende con la disolución de H_2SO_4 luego es conductor*

Los estudiantes utilizan en primer lugar un criterio empírico (líneas 1-5) . Más tarde intentan dar explicaciones. Vicenta (línea 6 y 7) interpreta la conductividad de las sustancias porque estas al disolverse en agua forman iones, aunque ella duda si es el agua o el ácido sulfúrico quien se disocia. Ella propone que los iones OH reaccionan con los protones del ácido sulfúrico (línea 9 y 10). Teresa propone que ambas sustancias se disocian y son los iones presentes en la disolución los que conducen. (línea 11 y 12). Los estudiantes discuten la disocia-

ción de cada sustancia y se corrigen entre ellos los errores y comprueban de forma experimental las ideas discutidas.

Otro tipo de actividades son aquellas que proponen la aplicación de conceptos y la elaboración de modelos como la siguiente:

A.10. *Justifica mediante la teoría de Arrhenius por que las propiedades de los ácidos son neutralizadas por las bases y viceversa.*

A continuación se reproduce la discusión de un grupo de estudiantes:

- | | |
|--------------|--|
| 1. Clara: | <i>De acuerdo con Arrhenius una base es una sustancia que puede dar OH⁻</i> |
| 2. Inma: | <i>Y un ácido es el que puede dar H⁺</i> |
| 3. Jorge: | <i>Cuando se mezclan un ácido fuerte y una base fuerte forma una sal y agua</i> |
| 4. Esteban: | <i>Si un ácido da H⁺, y una base da OH⁻, la reacción entre un ácido y una base será la</i> |
| 5. | <i>la unión del ion hidronio y del ion hidróxido para dar agua. Además, en una</i> |
| 6. | <i>reacción ácido-base puede haber sustancias anfóteras que se comportan como</i> |
| 7. | <i>ácidos o como bases, así que habrá más posibilidades para la neutralización.</i> |
| 8. Jorge: | <i>Pero ¿una base puede estar completamente disociada?</i> |
| 9. Clara: | <i>NaOH se disocia en OH⁻ y en Na⁺</i> |
| 10. Esteban: | <i>Si es una base fuerte, estará disociada completamente</i> |
| 11. Sergio: | <i>El NaOH es una base fuerte porque la concentración de OH⁻ es alta.</i> |
| 12. Clara: | <i>¿Cuál es el pH de la disolución resultante?</i> |
| 13. Sergio: | <i>La concentración [H⁺]=[OH⁻] y el pH por lo tanto es neutro. Si el pH es mayor</i> |
| 14. | <i>que 7 la disolución es básica y si es menor que 7 es ácida.</i> |
| 15. Jorge: | <i>Yo pienso que no siempre será neutra, esto dependerá del carácter ácido o básico</i> |
| 16. | <i>de los iones que forman la sal</i> |

Unas respuestas están basadas en la idea macroscópica de la neutralización y otras en la explicación submicroscópica de la neutralización. Por ejemplo, Jorge (línea 3) usa el primer criterio, un ácido y una base reaccionan dando una sal y agua. Esteban (líneas 4-7) da explicaciones submicroscópicas de la neutralización y sugiere el anfoterismo como un caso particular de neutralización. Jorge (línea 8) duda si una base está completamente disociada, estas dudas son resueltas por Esteban (línea 10) en el caso de bases fuertes. Sin embargo,

Clara tiene dudas acerca del pH en la neutralización. Acerca de esta cuestión se dan dos opiniones opuestas, Sergio (línea 13 y 14) al no explicarse más puede dar a entender que el pH de la neutralización es siempre 7, error conceptual bastante frecuente en los estudiantes y señalado en muchas investigaciones. Jorge (líneas 15 y 16) responde correctamente que no siempre será neutra. Esta estrategia consigue involucrar a los estudiantes en la construcción del conocimiento mediante una discusión colectiva. Los estudiantes llegan a ser capaces

de mostrar sus errores conceptuales y superarlos. Es importante que los estudiantes comprendan la diferencia entre una explicación macroscópica y submicroscópica de la neutralización para superar una visión acumulativa acrítica de las teorías científicas (Furió et al., 2005).

• **Validez de los modelos. Búsqueda de nuevas explicaciones**

En el marco conceptual de Bronsted y Lowry tanto la hidrólisis de sales como la neutralización en solución acuosa han de ser consideradas igualmente como reacciones ácido-base, de transferencia protónica, y en consecuencia será erróneo interpretarlas como procesos distintos como ocu-

rría en la teoría de Arrhenius.

A continuación se muestra como se aborda el problema de la hidrólisis en la siguiente actividad:

A. 38. *¿Cómo se puede interpretar el comportamiento ácido base de una sal de acuerdo con la teoría de Brønsted y Lowry? En particular, explica porque una disolución acuosa de: a) acetato de sodio es básica; b) cloruro de amonio es ácida y c) cloruro de sodio es neutra.*

Los estudiantes están trabajando en el laboratorio y pueden cuestionar experimentalmente el carácter ácido-base de las sales mencionadas e interpretarlo. A continuación se reproduce un fragmento del diálogo en un grupo de estudiantes que trata de explicar la hidrólisis del cloruro de amonio.

- | | |
|----------------|--|
| 1. Juan Luis: | <i>El ácido es el ion NH_4^+</i> |
| 2. Josefa: | <i>La base es</i> |
| 3. Inés: | <i>NH_3 será la base...</i> |
| 4. Juan Luis: | <i>Está claro esto?</i> |
| 5. Inés: | <i>No, el amoníaco es siempre una base, verdad?</i> |
| 6. Juan Luis: | <i>Si.</i> |
| 7. Inés: | <i>Si NH_3 se transforma en NH_4^+, el NH_3 no podría ser un ácido ya que produce</i> |
| 8. | <i>OH^- ¿Por qué no volvemos a empezar? El cloruro de amonio se disocia en una</i> |
| 9. | <i>disolución acuosa dando iones amonio y cloruro ¿Verdad?</i> |
| 10. Josefa: | <i>$NH_4^+ + H_2O...$</i> |
| 11. Inés: | <i>El ion NH_4^+ da un protón al agua dando amoníaco</i> |
| 12. Josefa: | <i>Si, amoníaco NH_3</i> |
| 13. Inés: | <i>Y OH^- también.</i> |
| 14. Inés: | <i>El ion cloruro acepta un protón del agua formando ácido clorhídrico. Nosotros</i> |
| 15. | <i>sabemos que una sustancia que acepta un protón se comporta como una base, y si</i> |
| 16. | <i>da un protón es un ácido. Así, en este caso, el cloruro actúa como ácido.</i> |
| 17. Josefa: | <i>Al contrario</i> |
| 18. Inés: | <i>Al contrario ¿ Por qué?</i> |
| 19. Josefa: | <i>Cl^- acepta un protón, así él actúa como base.</i> |
| 20. Juan Luis: | <i>NH_4^+, ácido 1.</i> |
| 21. Inés: | <i>Si, porque da protones al agua, así NH_4^+ es un ácido</i> |
| 22. Josefa: | <i>Cl^-, base 2.</i> |
| 23. Inés: | <i>Cl^- es una base porque acepta protones. Así, el cloruro de amonio se disocia en</i> |
| 24. | <i>agua dando un ion amonio que es la base conjugada de ... El ion amonio actúa</i> |
| 25. | <i>como ácido.... Pero si se disuelve amoníaco en agua éste actúa como base. Así, el</i> |
| 26. | <i>ion amonio actúa como ácido, es capaz de dar protones.</i> |
| 27. Juan Luis: | <i>El ion cloruro acepta un protón y también da uno.</i> |
| 28. Inés: | <i>No. El ácido clorhídrico da un protón y el ion cloruro acepta un protón</i> |
| 29. Juan Luis: | <i>Así, el ion cloruro no se hidroliza porque es la base conjugada de un ácido fuerte.</i> |
| 30. | <i>El ion amonio es el ácido conjugado de una base débil, así su disolución acuosa</i> |
| 31. | <i>será ácida.</i> |

La primera dificultad aparece cuando el estudiante trata de encontrar el par ácido-base conjugado sin disociar previamente la sal (líneas 1 a 9). Una segunda dificultad aparece cuando ellos escriben la ecuación de la reacción que sucede entre cada par ácido-base y el agua (líneas 10 y 11). Ellos piensan que el ion NH_4^+ da un protón y se convierte en NH_3 , pero ellos no saben que especie acepta este protón y proponen que el ion OH^- se obtiene en esta reacción en lugar de H_3O^+ (líneas 11 a 13). La tercera dificultad está en el concepto de equilibrio en la reacción entre el ion y el agua (líneas 14 a 26). Los estudiantes piensan si este equilibrio se desplaza hacia la derecha o la izquierda y concluyen que depende de si el ion que reacciona con el agua es una base o un ácido fuerte o débil (líneas 27 a 31).

En conclusión, la verbalización de los esquemas conceptuales de los alumnos se favorece en un debate en grupos y en la comunicación

posterior de estas discusiones al resto de la clase. Estos debates favorecen la construcción de los conceptos de hidrólisis y neutralización por los estudiantes ayudados por el profesor.

4.2 Presentación y análisis de los resultados obtenidos por el grupo experimental y el grupo control en los cuestionarios Q₁, Q₂ y Q₃

Los cuestionarios consisten en ítems cuyos objetivos son: 1) Predecir el comportamiento ácido-bases de sustancias familiares (ítems 1 a 3 de Q₁); 2) Identificar las reacciones de neutralización de acuerdo con el modelo de Arrhenius (ítems 4 a 7 de Q₂); 3) Reconocer reacciones de hidrólisis de acuerdo con los modelos de Arrhenius o Brønsted (ítems 8 a 10 de Q₃).

Los resultados obtenidos por los grupos experimental y control para la predicción del comportamiento ácido-base de algunas sustancias se muestran en la tabla 5.

Tabla 5.- Comparación de los resultados obtenidos por el grupo experimental (N=46) y control (N=86) en la predicción del comportamiento ácido-base de las sustancias (Cuestionario Q₁)

Item	% Respuestas correctas (grupo control) (sd)	% Respuestas correctas (grupo experimental) standard (sd)	2
1. Predecir si la disolución acuosa de amoníaco (NH_3) será ácida, básica o neutra.	45 (5.3)	79 (6.0)	13.21**
2. Si se añade una gota de metanol (CH_3OH) al agua ¿Cómo será la disolución ácida, básica o neutra.	19 (4.2)	34 (7.0)	4.25**
3. Predecir si la disolución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH) será ácida, básica o neutra.	66 (5.1)	84 (5.4)	5.47**

(**) diferencias significativas $p < 0.005$

El análisis de los resultados en el caso del amoníaco (ítem 1) es muy positivo, hay diferencias significativas ($\chi^2=13.21$) entre las respuestas de ambas muestras con una probabilidad menor que 0.005 de que estos resultados sean debidos al azar. Esto puede ser debido a la familiaridad de los estudiantes con el compuesto amoníaco ya que es uno de los ejemplos más común utilizado en las clases. En la predicción del carácter neutro del metanol (ítem 2), se encuentran diferencias significativas ($\chi^2=4.25$) con una probabilidad menor que 0.005. Sin embargo el porcentaje obtenido para el grupo experimental en este ítem es también bajo, y en las respuestas incorrectas se encuentran unas pocas que señalan que el metanol se disocia dando iones OH^- y otras que señalan que se disocia dando iones H^+ . Este elevado porcentaje de fracaso puede ser debido a que los estudiantes no tienen referencia empírica de la disolución de metanol y tratan de deducir su

comportamiento ácido-base a partir de su fórmula mediante un mecanismo de fijación funcional. Así, el estudiante asocia la idea de ácido a toda sustancia que presenta en su fórmula átomos de H (ionizables o no) y la base, cuando hay grupos atómicos OH (Furió et al, 2000).

Hay también diferencias significativas ($\chi^2=5.47$) en el caso de la disolución acuosa del NaOH (ítem 3), lo que permite afirmar con un alto grado de certeza que los estudiantes del grupo experimental han mejorado en su predicción del comportamiento ácido-base del NaOH.

Los estudiantes muestran una mejora apreciable respecto al grupo control no solo en los ítems 1 y 3, sino también en el ítem relativo al CH_3OH , el cual presenta mayor dificultad que los otros.

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos por los grupos experimental y control sobre las reacciones de neutralización.

Tabla 6. Comparación de los resultados obtenidos por los grupos experimental (N=46) y control (N=86) en los ítems sobre reacciones de neutralización (Cuestionario Q₂)

Item	% Respuestas correctas (grupo control) (sd)	% Respuestas correctas (grupo experimental) (sd)	2
4. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización: $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{OH}^-(\text{ac}) \rightleftharpoons \text{AlO}_3^{2-}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	37 (5.9)	59 (7.3)	5.82**
5. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización: $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{ac}) \rightleftharpoons \text{ZnO}_2^{2-}(\text{ac}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	25 (5.3)	47 (7.4)	6.35**
6. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización: $\text{HCl}(\text{g}) + \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{Cl}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	3 (2.0)	11 (4.6)	3.15 *
7. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización: $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	9 (3.5)	29 (6.7)	7.45**

(*). Diferencias significativas $p < 0.01$. (**). Diferencias significativas $p < 0.005$

Los cuatro procesos elegidos tienen cierta dificultad. Los dos primeros corresponden a hidróxidos anfóteros $\text{Al}(\text{OH})_3$ y $\text{Zn}(\text{OH})_2$ neutralizados por una base, OH^- . Es de esperar que los estudiantes no elijan estos procesos como de neutralización. Los reactivos en este caso son hidróxidos y no se adaptan al esquema de la reacción de neutralización que ellos tienen: ácido + base \rightleftharpoons sal + agua, y que hemos denominado modelización macroscópica. Los estudiantes no consideran la posibilidad de que estos hidróxidos se disocien dando protones.

Las otras dos reacciones presentan mayor dificultad que las anteriores aunque las sustancias que aparecen en ellas son bien conocidas por los estudiantes, HCl (ítem 6) actúa como ácido y NH_3 (ítem 7) como base, y el agua que aparece en los productos. Los estudiantes se equivocan al considerar estas reacciones como neutralizaciones debido a que, al contrario que en los casos anteriores, se adaptan bastante bien al esquema

ácido + base \rightarrow sal + agua. Más aún, la función funcional (Furió et al., 2000) en el caso del CH_3OH (ítems 6 y 7) puede explicar el porcentaje tan bajo de respuestas correctas en el grupo experimental. Ya que la mayoría de estudiantes aplican un per-

fl próximo al de Arrhenius al generalizar la idea de ácido como toda sustancia que en su fórmula presente átomos de H (ionizables o no) y la base, cuando hay grupos atómicos OH, lo que implica que desconocen el tipo de enlace presente en el metanol. Cuestión que ya se había puesto de manifiesto en los resultados acerca de la predicción del carácter ácido-base del metanol (ídem 2, cuestionario Q₁), siendo su porcentaje de respuestas correctas del 34%. La reacción del metanol con un ácido y con una base supone mayor dificultad para los estudiantes ya que no solo basta aplicar el concepto de ácido o de base teniendo en cuenta el tipo de enlace de la sustancia sino que además debe de aplicar uno de los dos modelos conceptuales estudiados. Sin embargo, en los ítems 4, 5 y 7, el grupo experimental ha obtenido mejores resultados comparados con el grupo control con una probabilidad menor que 0.005. En el caso del ítem 6 hay diferencias significativas con una probabilidad menor que 0.01.

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos por los grupos experimental y control sobre la identificación de las reacciones de hidrólisis.

El análisis de los resultados es muy positivo.

Tabla 7. Comparación de los resultados obtenidos por el grupo experimental (N=46) y control (N=86) en los ítems sobre las reacciones de hidrólisis y disociación (Cuestionario Q₃)

Ítem	% Respuestas correctas (grupo control) sd	% Respuestas correctas (grupo experimental) sd	2
8. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización, hidrólisis, o ionización, etc.: $\text{NH}_4^+(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{ac}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$	23 (4.4)	51 (7.4)	9.89**
9. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización, hidrólisis o ionización, etc. $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac}) + 2\text{NaOH}(\text{ac})$	7 (2.7)	54 (7.4)	39.3**
10. Explica si las siguientes reacciones pueden ser de neutralización, hidrólisis, o ionización, etc.: $\text{HCl}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Cl}^-(\text{ac}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$	30 (5.1)	75 (6.4)	18.92**

(**) Diferencias significativas $p < 0.005$

Existen diferencias significativas en los resultados obtenidos en los ítems 8 y 9 relacionados con la hidrólisis. Al menos la mitad de los estudiantes del grupo experimental no respondió correctamente a estos ítems. Las dificultades en la comprensión del concepto de hidrólisis en profundidad solo ha sido superado parcialmente, les cuesta asociar este concepto con la interacción de los iones de la sal con las moléculas de agua. Sin embargo, se puede hacer énfasis en la diferencia obtenida (un 30%) entre los grupos experimental y control. En la reacción del ítem 8 hay diferencias significativas ($\chi^2 = 9.28$), que se explican porque los estudiantes del grupo experimental contestan que el ion NH_4^+ da un protón al agua formando el ion hidronio (H_3O^+). En el ítem 9, hidrólisis del Na_2CO_3 , la diferencia es significativamente alta ($\chi^2 = 39.3$). Los resultados obtenidos por el grupo experimental indicarían que los estudiantes han comprendido mejor la ionización de las sustancias y la identificación de los iones que intervienen en el proceso de hidrólisis. En el ítem 10 que trata de la disociación de HCl (g) cuando se disuelve en agua, el grupo experimental mejora los resultados hay diferencias significativas ($\chi^2 = 18.92$). Señalan que es una reacción de ionización en que HCl le cede un protón al agua según el modelo de Brønsted y Lowry, superando la idea de identificar esta reacción con una de hidrólisis al asociar dicho concepto a la reacción de una sustancia con el agua.

5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Las visiones distorsionadas de los profesores sobre cómo se construye el conocimiento científico y su transmisión en el proceso de en-

señanza constituyen un serio obstáculo para la renovación de la enseñanza (Gil, 1996). Investigaciones como las de Furio et al (2005 y 2007) muestran que las dificultades de aprendizaje en las reacciones ácido-base en estudiantes de bachillerato son debidas, fundamentalmente, a las deficiencias conceptuales, epistemológicas y metodológicas en la enseñanza de estos conceptos ya que no se tiene en cuenta los avances de la investigación didáctica.

El modelo de enseñanza-aprendizaje como actividad de investigación orientada permite la integración del modelo constructivista de cambio conceptual con las contribuciones epistemológicas y metodológicas de la historia y de la filosofía en la enseñanza de las ciencias. (Duschl and Gitomer, 1991). Esto implica el uso de estrategias metodológicas que tengan en cuenta no solo los aspectos conceptuales del aprendizaje de las ciencias sino también las características del razonamiento científico y las relaciones CTSA (Solbes and Vilches, 1997). Los resultados de esta investigación muestran que es posible conseguir una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, en particular en la predicción del comportamiento ácido-base de disoluciones acuosas de las sustancias. Además, los estudiantes han aprendido a diferenciar entre reacción de neutralización, hidrólisis y ionización en la teoría de Arrhenius y ello ha permitido una mejor comprensión de las reacciones ácido-base según el modelo de Brønsted. Por último, los estudiantes de los grupos experimentales se implican de forma más activa en el proceso de enseñanza aprendizaje, situación que provoca una mayor capacidad explicativa para verbalizar los conceptos y procesos, pensar de una forma más reflexiva, producir nuevos razonamientos y

cambiar de opinión según van observando nuevos aspectos del problema o soluciones que no encajan con los conocimientos de que disponen.

En resumen los profesores que deseen mejorar su enseñanza deberían tener un conocimiento de su disciplina y habilidades para el uso eficiente de estrategias habitualmente desarrolladas en la enseñanza de las ciencias. Además el profesor debe reconocer y cuestionar las visiones distorsionadas de la ciencia, las cuales se pueden transmitir en el proceso de enseñanza contribuyendo a las dificultades de aprendizaje de los estudiantes.

REFERENCIAS

- Bodner, G.** (1986). Constructivism: A theory of knowledge, *Journal of Chemical Education*, 63, 10, 873
- Burbules, N. y Linn, M.** (1991). Science Education on Philosophy of Science: Congruence or Contradiction? *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241.
- Chang, R.** (1998). *Chemistry* (USA, McGraw-Hill)
- Cros, D.** (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases. *European Journal of Science Education*, 8(3), 305-313
- De Vos, W. y Pilot, A.** (2001). Acids and bases in layers: The fractal structure of an ancient topic, *Journal Chemical Education*, 78 (4), 494-499.
- Dominguez, M.C., Furió-Más, C. y Guisasola, J.** (2007). Learning from History and Philosophy of Science: Deficiencies in the teaching of the macroscopic concepts of substance and chemical change, in: **Roser Pintó & Digna Couso** (Eds), *Contribution from Science Education research*, 249-259. Springer: Dordrecht, The Netherlands.
- Drechsler, M. y Schmitd, H.J.** (2005). Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching, *Chemistry Education Research Practice*, 6 (1), 19-35.
- Driver, R. y Oldham, V.** (1986). A constructivist approach to curriculum development in Science, *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., Leach, J., Scott, P. y Wood-Robinson, C.** (1994). Young people's understanding of science concept: implications of cross-age studies for curriculum planning, *Studies in Science Education*, 24, 75-100
- Driver R. y Newton, P.** (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education* 84 (3) ; 287-312
- Duit, R., Treagust, D.F. and Mansfield, H.** (1996). Investigating student understanding as a prerequisite to improving teaching and learning in science and mathematics en **D.F. Treagust, R. Duit y B. J. Fraser** (Eds) *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*, Teacher College Press, Nueva York.
- Duit, R. y Treagust D.F.** (1998). Learning in Science from behaviourism towards social constructivist and beyond. In: *International Handbook of Science Education*, ed. **B. Fraser, K. Tobin** Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic 3-26
- Duschl, R. y Gitomer, D.** (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- Duschl, R. y Hamilton R.J.** (1998). Conceptual change in science and the learning of science, in: **B. Fraser y K. Tobin**, *International Handbook of Science Education* (Dordrecht, Kluwer Academic)

mic Publishers).

Furió, C., Azcona, R. y Guisasola, J. (2006). La enseñanza de los conceptos de “cantidad de sustancia” y de “mol” basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada, *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 43-58.

Furió-Más, C., Calatayud, M^a L y Bárcenas, S. L. (2007). Surveying Students’ Conceptual Knowledge of Acid-Base Behavior of Substances, *Journal of Chemical Education*, 84, 1717-1724.

Furió-Más, C., Calatayud, M.L. and Bárcenas S. L. y Padilla O.M. (2000). Functional Fixedness and Functional Reduction as Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules, *Science Education*, 84, 545-565.

Furió-Más, C., Calatayud, M.L., Guisasola, J. y Furió-Gómez, C. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers, *International Journal of Science Education*, 27 (11), 1337-1358.

Furió-Más, C y Dominguez-Sales, M.C. (2007). Deficiencias en la enseñanza habitual del concepto macroscópico de sustancia y del cambio químico como cambio sustancial, *Journal Science Education. Revista de Educación en Ciencias*, 8(2), 84-92.

Furió-Más, C y Furió-Gómez, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista? *Educación química*, 20 (E) 246-251

Furió, C., Guisasola, J., Almudi, M. y Ceberio, M. (2003). Learning the electric field concepts as oriented research activity, *Science Education*, 87, 640-662.

Furió, C., Hernández, J. y Harris, H. (1987).

Parallels between adolescents’ conception of gases and the History of Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 64(7), 616-618.

Furió, C., Iturbe, J. y Reyes, V. *Investigación en la Escuela*. 1994. 24, 89-99

Gabel, D. (1998). The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching, in: **B.Fraser, K. Tobin** (Eds) *International Handbook of Science Education*, 223-249 (London, Kluwer acad. Press)

Gil, D. y Carrascosa, J., (1994). Bringing pupils’ learning closer to a scientific construction of knowledge: a permanent feature in innovations in science teaching, *Science Education*, 78 (3), 301-315.

Gil-Pérez, D., (1996). New trends in science education. *International Journal Science Education*, 18 (8), 889-901.

Guisasola, J., Furió, C. y Ceberio, M., (2008). Science Education Based on Developing Guided Research, In: **Mary V. Thomase** (Ed.) *Science Education in Focus* 173-201. New York: Nova Science Publishers, Inc.

Hodson, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum, *Science Education*, 72 (1), 19-40.

Hodson, D (1992). In Search of a Meaningful Relationship: An exploration of Some Issues Relating to Integration in Science and Science Education, *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566

Jensen, W. B. (1998). Logic, history, and the chemistry textbook .I. Does chemistry have a logical structure? *Journal of Chemical Education*, 75 (6), 679-687.

Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002). History and philosophy of sciences through models: Some challenges in the case of “the atom”, *International*

journal of science Education, 22(9), 993-1009.

Leach, J. y Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing on the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist –Perspective on Learning. *Studies in science Education*, 38, 115-142.

Leach, J y Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education, *Science & Education*, 12, 91-113.

Lijnse, P y Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of science Education*, 26(5), 537-554.

Meheut, M. and Psillos, D. (2004). Teaching-learning in secondary sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education* 26 (5), 515-535

Mortimer, J.F. and Scott, P. (2000). Analysing discourse in the science classroom, in: **R. Millar, J. Leach & J. Osborne** (Eds), *Improving Science Education: the contribution of research* 125-142, (Buckingham, open university Press)

Mortimer, J.F. y Scott, P. (2003). *Meaning making in the secondary science classrooms*. Milton Keynes: Open University Press.

Niaz, M. (2008). *Teaching general Chemistry Approach: A history and Philosophy of science*. Nova Publishers

Osuna, L., Martínez-Torregrosa, J., Carrascosa, J. y Verdú, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria, *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 277-294.

Pintrich P.R. and Schrauben, B. (1992). Student's motivational beliefs and their cognitive engagement in classroom academic tasks. In **D. Schink, y J.Meece** (Eds), *Students perceptions in the classroom: Causes and consequences* 149-183. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum.

Ross, B. y Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high school students' understanding of acids and bases, *International Journal of Science Education*, 13 (1), 11-23.

Schmidt, H.D. (1991). A label as a hidden persuader: Chemists neutralization concept, *International Journal of Science Education*, 13 (4), 137-144.

Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry, *Science Education*, 81(4), 377-386.

Vidyapati, T.J. y Satharammappa (1995). Higher secondary school student's concepts of acids and bases, *J. School Science Review*, 77 (278), 82- 84.

Wandersee, J.H; Mintzes, J.J. y Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In **D. Gabel**, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 177-210 (New York, MacMillan Publishing Co)

Zoller, U. (1990). Students' misunderstanding and misconception in college freshman chemistry (general and inorganic), *Journal of research in Science Teaching*, 27(10), 1053-1065.

Para reflexionar

UNA PROPUESTA PARA SUPERAR ALGUNOS DESCONCEPTOS REFERIDOS A LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE DIFERENTES METALES

Oscar H. Pliego, Cristina S. Rodríguez, Liliana Contini¹, Stella M. Juárez

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

Universidad Nacional de Rosario. Argentina.

pliego@fceia.unr.edu.ar

¹Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral,. Santa Fe. Argentina.

Resumen

En cursos anteriores hemos detectado que nuestros estudiantes asignaban erróneamente mayores valores de conductividad eléctrica a aquellos metales con mayor cantidad de electrones de valencia en los Orbitales de Banda de Conducción (el desconcepto). De acuerdo a los resultados que se exponen en este trabajo y para superar este desconcepto es que se propone referirnos a los dos subgrupos de Orbitales de Banda, con las denominaciones que se derivan de las propias de la Teoría de Orbitales Moleculares, a saber, para los de menor energía “orbitales de banda enlazantes”, OB^b, y para el subgrupo de mayor energía “orbitales de banda antienlazantes”, OB^{*}.

Palabras clave: Metales, teoría de bandas, enlace metálico, conductividad de metales, teoría de orbitales moleculares.

A proposal to overcome some misconceptions referred to the electrical conductivity of different metals

Abstract

In previous courses we have detected that our students wrongly assigned higher value of electrical conductivity to those metals with the highest number of valence electrons in the Conduction Band Orbital. According to results presented in this work and to overcome this misconception we propose to refer to the two subgroups of Band Orbitals, using the names derived from the Molecular Orbital Theory, namely, “band of bonding orbitals”, OB^b, for the lower energy subgroup, and “band of antibonding orbitals”, OB^{*}, for the higher energy subgroup.

Keywords: Metals, band theory, metallic bond, electrical conductivity of metals, molecular orbital theory.

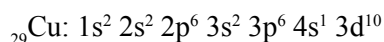
INTRODUCCIÓN

La teoría de orbitales moleculares, TOM, puede ser aplicada con éxito a los sólidos cristalinos con enlaces químicos extendidos, a saber, metales, redes covalentes y compuestos iónicos (Kremer C., 2000, 2001, 2002) recibiendo la denominación Teoría de Bandas (American Chemical Society, 2005; Atkins P., Jones L., 2006). Según ésta, producto de la combinación lineal de los niveles de energía de los electrones de valencia de los átomos individuales, “aparece” en el cristal una enorme cantidad de niveles de energía muy próximos. Son tantos, y de valores de energía tan próximos, que su representación gráfica tiene la forma de bandas de niveles de energía. Cada banda de energía está compuesta por un número de orbitales (denominados Orbitales de Banda, OB) numéricamente igual al número de orbitales atómicos, OA, que le dieron origen. De todas las bandas de energía que se forman, solamente interesa estudiar la de los niveles más altos. Ésta, a su vez, puede dividirse, según la energía, en dos subgrupos. En la bibliografía generalmente usada en los cursos básicos de Química (Chang, 2007; Smith W.F., 2004; Whitten et al., 1992), así como también en los textos difundidos por las páginas web (ver referencias bibliográficas), a los niveles de menor energía de esta banda se los agrupa con la denominación de “orbitales de banda de valencia, OBV” y a los de más alta energía se los llama “orbitales de banda de conducción, OBC”.

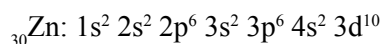
La asignación de energía para los electrones de valencia se establece según los mismos principios que permiten conocer la estructura electrónica de los átomos aislados. Según el metal de que se trate, los OBV pueden estar semi-

lentos o llenos y los OBC pueden encontrarse vacíos o semivacíos. Para los metales del bloque “d”, especialmente los de mayor carga nuclear, por cada mol de átomos se prevé la combinación lineal de 9 mol de OA resultando la formación de 9 mol de OB con 4,5 mol de OBV y 4,5 mol de OBC. Por ejemplo, para los elementos Cobre y Cinc se tienen las siguientes estructuras:

Átomos aislados:



11 electrones de valencia/átomo



12 electrones de valencia/átomo

Cristales metálicos:



11 mol electrones valencia/mol átomos



12 mol electrones valencia/mol átomos

(donde la letra “s” indica el estado sólido del elemento)

Esta configuración electrónica permite explicar varias propiedades de los metales, por ejemplo, por qué razón son buenos conductores de la energía eléctrica. Es que, por absorción de ésta, un electrón de un OBV puede excitarse hasta un nivel de energía más alto, vacío o semivacío, de un OBC. Esta excitación electrónica está facilitada dado que el electrón siempre encontrará disponible un nivel de energía muy cercano para excitarse.

En los tres cursos desarrollados en el año 2007, donde aplicábamos exclusivamente la terminología OBV–OBC, fuimos tomando conciencia de que los estudiantes, dentro del mar-

co conceptual de la teoría de bandas, asignaban erróneamente mayor valor de conductividad eléctrica a los metales con mayor cantidad de electrones de valencia en los orbitales de banda de mayor energía, OBC. Estas informaciones surgían de escuchar a los propios estudiantes interaccionando entre sí o con los propios docentes de la asignatura, en las actividades formales (coloquios o consultas individuales o grupales) y, a partir de este reconocimiento, comenzamos a hacer preguntas específicas y registrando las respuestas; si bien en los comienzos los registros fueron parciales, de un total aproximado de 900 estudiantes se constataron 173 casos en los que el desconcepto estaba presente. Los propios estudiantes se encargaron de explicarnos el origen de su razonamiento erróneo; concretamente, la mayoría de ellos asignaba mayor conductividad eléctrica al elemento metálico con mayor cantidad de electrones de valencia con la energía de los orbitales de la banda de conducción, OBC, porque el propio nombre de esos orbitales así se lo sugería.

De acuerdo a ello, en el curso desarrollado en el primer semestre del año 2008, decidimos presentar el tema de los metales y del enlace metálico de manera tal que se pudiese detectar la presencia del desconcepto obteniéndose resultados similares a los ya conocidos en años anteriores (Rodríguez C. S., Pliego O. H., Juárez S. M., 2009).

Uno de los objetivos de los cursos básicos de Química es explicar porqué los metales son buenos conductores de la electricidad, pero, contrariamente, no es el objetivo de los mismos, ni es pertinente en nuestro marco institucional, deducir qué metal es mejor conductor que otro.

Sin embargo, la toma de conciencia antes mencionada impactó fuertemente en nosotros ya que si bien no es un objetivo del curso que el alumno deduzca o explique el mejor carácter conductor de un metal que otro, no podíamos aceptar la presencia de este desconcepto que, de seguro, significaría en las asignaturas posteriores mayores inconvenientes conceptuales.

Es así que decidimos investigar su posible origen. Al respecto, una de las posibilidades podría estar centrada en el propio nombre con el que se hace referencia a los orbitales de la banda de niveles más altos de energía, concretamente, orbitales de la Banda de Conducción y esto ha constituido nuestra hipótesis de trabajo. Para ponerla a prueba hemos tenido en cuenta que la Teoría de Bandas es una extensión de la TOM y, por lo tanto, también sería razonable utilizar para los dos subgrupos de cada banda las denominaciones que se derivan de la misma teoría, a saber, para los de menor energía “orbitales de banda enlazantes”, OB^b , y para el subgrupo de mayor energía “orbitales de banda antienlazantes”, OB^* . De esta forma, las estructuras electrónicas de los cristales de los metales Cobre y Zinc podrían describirse como sigue:



Si con la aplicación de esta terminología lográsemos una proporción significativamente mayor de respuestas correctas habríamos validado nuestra hipótesis. A fines del año 2008, nos abocamos a diagramar la investigación que aquí se presenta y que tuvo lugar en el año 2009.

OBJETIVOS

Para este grupo de alumnos:

a - conocer si comprende y aplica adecuadamente los conceptos de la Teoría de Bandas referidos a la fuerza del enlace metálico,

b - comprobar si presenta el desconcepto antes mencionado,

c - demostrar que el uso de la terminología OBV-OBC induce a una mayor frecuencia de aparición del desconcepto que la terminología OB^b-OB*.

METODOLOGÍA

Este trabajo fue desarrollado con la totalidad de los estudiantes (n = 216) de la asignatura Química General en el primer semestre del año 2009. Ellos pertenecían al tercer semestre de las carreras de ingeniería eléctrica, electrónica y mecánica y al cuarto semestre de la carrera de ingeniería industrial. El curso se desarrolló en 16 semanas a razón de 6 horas cada una y actividades extracurriculares de laboratorio, integración y consultas.

En relación al tema que nos ocupa, en estos cursos se presentaron, en forma teórica y práctica los siguientes temas: revisión de la estructura del átomo y de las propiedades periódicas, enlaces iónico, covalente y metálico, con una duración total en el aula de 18 horas. Para el desarrollo de la investigación en la presentación del enlace metálico se aplicó la Teoría de Bandas, la que permite explicar las propiedades de los sólidos cristalinos con enlaces químicos extendidos y la fuerza de los mismos y, a diferencia de los cursos anteriores, para éste, fue necesario, además de utilizar la terminología OBV-OBC, introducir y aplicar simultánea-

mente la terminología OB^b – OB*.

Para conocer si estos estudiantes comprenden y aplican adecuadamente los conceptos de la Teoría de Bandas referidos a la fuerza del enlace metálico, se tuvieron en cuenta las respuestas que dieron en la primera evaluación escrita de acreditación de la asignatura (promediando el cursado) a la siguiente cuestión:

ITEM 1 “Aplicando la Teoría de Bandas de los sólidos, compare la fuerza del enlace metálico presente en los metales Cobre y Cinc”.

Para comprobar la presencia del desconcepto mencionado y demostrar que el uso de la terminología OBV-OBC induce a una mayor frecuencia de aparición del desconcepto que la terminología OB^b-OB*, se realizaron las siguientes acciones:

a.- durante el desarrollo de los procesos de enseñanza y de aprendizaje se llevó un registro de las respuestas de los estudiantes en las actividades formales (tipo coloquios) o consultas grupales y entrevistas.

b.- se tuvieron en cuenta las respuestas que dieron en la primera evaluación escrita de acreditación de la asignatura a la siguiente cuestión:

ITEM 2 “Teniendo en cuenta los elementos teóricos utilizados en la respuesta anterior, ¿podría usted predecir si uno de estos metales es mejor conductor de la electricidad que el otro? Argumente científicamente al respecto”.

Los análisis estadísticos usados fueron la Prueba Ji-cuadrado de asociación, la Prueba χ^2 y el Cociente de chances (“odds ratio”, OB^b-OB* / OBV-OBC).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos para el ÍTEM 1 de la primera evaluación escrita de acreditación de la asignatura.

Cuadro 1

	Terminología usada al responder al ítem 1		Total
	OB ^b – OB*	OBV – OBC	
Correctas	105	98	203
Incorrectas	6	7	13
Total	111	105	216

Estos valores se consideran satisfactorios y son independientes de la terminología usada y no se observan diferencias de importancia en las frecuencias de aplicación de una u otra terminología.

Las explicaciones de los estudiantes, registradas en las actividades de coloquios, consultas y entrevistas fueron divididas en dos categorías: no pertinentes y pertinentes; al comenzar el tratamiento áulico del tema, sus presencias significaron, respectivamente, el 85% y 15% del total. Entre las pertinentes, como se esperaba, las explicaciones incorrectas que más frecuentemente encontramos fueron las que atribuyen mayor conductancia eléctrica al metal con mayor cantidad de electrones de valencia en la banda de conducción (el 71,7% del grupo).

En el Cuadro 2 se presentan los resultados para el ÍTEM 2 de la primera evaluación escrita de acreditación. El mismo muestra que una gran cantidad de estudiantes respondió equivocadamente, prediciendo que el metal Cinc es mejor conductor que el metal Cobre (Valores experi-

mentales: conductividad del Zn: $17 \times 10^6 \text{ (m)}^{-1}$, conductividad del Cu: $59 \times 10^6 \text{ (m)}^{-1}$ (Askeland, Phulé, 2004; Smith, 2004).

Cuadro 2

	Terminología usada al responder al ítem 2		Total
	OB ^b – OB*	OBV – OBC	
Correctas	72	49	121
Incorrectas	30	65	95
Total	102	114	216

La aplicación de la Prueba Ji-cuadrado de asociación tuvo un estadístico de 16,6514 ($p = 0,00001$), la Prueba χ^2 fue $p < 10^{-4}$ y el cociente de chances $OB^b - OB^* / OBV - OBC$ arrojó un valor igual a 3,183673 (confianza 95%).

CONCLUSIONES

De los resultados del ÍTEM 1 podría inferirse que estos alumnos conocen y aplican bien la teoría de bandas para deducir la fuerza del enlace metálico.

Las explicaciones de los estudiantes registradas en las actividades de coloquios, consultas y entrevistas mostraron la presencia del desconcepto lo cual se confirmó con los resultados obtenidos para el ÍTEM 2. El análisis estadístico de los datos del Cuadro 2 permite, además, concluir que: a) existen evidencias de asociación estadística altamente significativa entre la terminología empleada y las respuestas, b) la proporción de respuestas correctas en el grupo que usó la terminología $OB^b - OB^*$ es significativamente superior que la proporción de correctas en el grupo que usó la terminología $OBV - OBC$, y c) el grupo de estudiantes que trabajó con la terminología $OB^b - OB^*$ tuvo una

chance entre 1,81 y 5,60 veces superior de contestar correctamente que el otro grupo.

Asignar mayor conductividad eléctrica al metal que posee mayor cantidad de electrones de valencia con la energía de los orbitales de la banda de conducción, OBC, puede resultar como consecuencia de la propia denominación de esos orbitales que los docentes, libros de texto (de química, de física y de ciencia de materiales) y artículos de páginas Web, asignan a estos orbitales.

La ausencia de la palabra “conducción” para designar a los orbitales de los más altos niveles de energía de la banda no induce a los estudiantes a la asignación de mayor valor de conducción eléctrica a los metales con mayor cantidad de electrones en esos niveles; este cambio de nomenclatura, y su aplicación, es lo que ha aumentado la proporción de respuestas correctas de este grupo de estudiantes.

Los resultados expuestos y la hipótesis aquí mencionada nos sugieren realizar algunos cambios y, entre ellos, referirnos a los dos subgrupos de OB, con otras denominaciones. Para ello, teniendo en cuenta que la Teoría de Bandas es una extensión de la Teoría de Orbitales Moleculares, sería razonable utilizar para los dos subgrupos de cada banda las denominaciones que se derivan de las propias de esta teoría, a saber, para los de menor energía “orbitales de banda enlazantes”, OB^b, y para el subgrupo de mayor energía “orbitales de banda antienlazantes”, OB^{*}.

Además, esta reasignación de denominaciones aplicada a los cristales metálicos no solamente aportaría a solucionar el desconcepto aquí estudiado sino que facilitaría la comprensión de que cada electrón de valencia con la energía de los OB^b incrementa la fuerza del enlace metálico

y que, contrariamente, cada electrón con la energía de los OB^{*} la disminuiría.

Si bien esta investigación solamente está referida a los metales, teniendo en cuenta que la Teoría de Orbitales Moleculares puede extenderse a todos los cristales con enlaces deslocalizados, proponemos, al menos para los cursos básicos de Química de las carreras de ingenierías, reemplazar la terminología OBV-OBC por OB^b-OB^{*} no solamente para los metales sino también para aisladores y semiconductores con las características estructurales indicadas anteriormente.

REFERENCIAS

- American Chemical Society.** (2005). *Química. Un proyecto de la ACS*. Editorial Reverté S.A. México.
- Askeland D.R., Phulé P.P.** (2004). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. 4ta. edición. Thomson Editores. México.
- Atkins P., Jones L.** (2006). *Principios de Química*. Editorial Panamericana. Buenos Aires.
- Chang, R.** (2007). *Química*. Novena edición. Mc Graw Hill. Buenos Aires.
- Kremer C.** (2000). Las redes metálicas y sus bandas escondidas. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, XII, 255 – 259.
- Kremer C.** (2001). Diagrama de bandas en las formas alotrópicas del carbono. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, XIV, 137 – 141.
- Kremer C.** (2002). Diagrama de bandas en compuestos iónicos binarios. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, XV, 211 – 214.
- Rodríguez C. S., Pliego O. H., Juárez S. M.** (2009). Conocimientos y desconceptos de los estudiantes al finalizar la presentación del enlace metálico. *Revista Argentina de Enseñanza de la*

Ingeniería, 10 (18), 19 – 27.

Smith W.F. (2004). *Ciencia e Ingeniería de materiales*. 3ª edición. McGraw Hill Inc. Madrid.

Whitten K. W., Gailey K. Davis R. E. (1992). *Química General*. Segunda Edición. Mc Graw Hill. Buenos Aires.

www.esmijovi.com/imagenes/cuantica_2.png

www.ing.unlp.edu.ar/quimica/Q1.htm

www.monografias.com/trabajos7/diose/Image2907.gif

www.politecnicovirtual.edu.co/Pagina%20Coordinacion%20CB/Fisica/3_6.html

Para reflexionar

REFLEXIONES SOBRE LA CAPACITACIÓN DE PROFESORES. LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS Y LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL COMO PROMOTORES DE LA DISCUSIÓN

Ignacio J. Idoyaga^{1, 2}, Horacio Torti², Andrés Barrado², Diego Spina², M. Gabriela Lorenzo^{1,3}

¹Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires; ²Cátedra de Física, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires; ³CONICET.

ignacio_idoyaga@hotmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar el estudio descriptivo sobre experiencias con modalidad de taller en donde se introduce el diseño de modelos como contenido conceptual, procedimental y actitudinal, central en la enseñanza de las ciencias en un marco constructivista. La construcción de conocimientos en alumnos universitarios y de nivel medio (al menos) puede articularse, del mismo modo en que avanza la ciencia, proponiendo modelos para explicar la experiencia. Dentro de las actividades encaradas por el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), el grupo dicta periódicamente un taller destinado a la actualización de profesores de todos los niveles. El análisis del material producido por los capacitandos y las observaciones de los capacitadores muestran como principales logros la reflexión sobre el proceso de construcción de conocimiento; la incorporación del concepto de modelo; y la práctica en las tareas medición y comunicación de resultados.

Palabras clave: capacitación docente, metacognición, actividad experimental, modelos

Thinking about teachers training. Model construction and experimental activities as discussion promoters.

Abstract.

The aim of this work is to describe the experiences in a workshop that presents modeling design as conceptual, procedural and attitudinal contents. Modeling design is positioned in science teaching in a constructivist environment.

The construction of knowledge in college and school pupils can be articulated in the

same way that science improves, proposing models to explain the experiences.

As one of the activities developed by the Research Center and Support to Scientific Education (CIAEC), the group periodically gives an actualization workshop for professors of all levels.

The observation and the analysis of the work production of the assistants shows that manuality in the use of laboratory instruments, correct communication of results and reflection about how knowledge is constructed are the principal achieves of the workshop.

Key-words: teachers training, metacognition, experimental activities, models

INTRODUCCIÓN

Hace ya más de veinte años que la investigación en la enseñanza de las Ciencias adopta en sus fundamentos epistemológicos, psicológicos y gnoseológicos una postura denominada constructivismo (Moreira, 1993). Si bien pueden reconocerse diferentes versiones constructivistas, todas ellas tienen en común que surgieron en oposición a las teorías empiristas y conductistas de la producción del conocimiento y del aprendizaje como una copia del mundo. En general, podemos afirmar que el constructivismo adopta dos afirmaciones básicas (Matthews, 1994): La primera establece que el conocimiento no es pasivamente recibido sino que por el contrario es activamente construido por el sujeto cognoscente. La segunda afirma que la función de cognición es adaptativa y permite que los aprendices construyan explicaciones viables de la experiencia, a partir de sus conocimientos previos que sirven como anclaje en el proceso de reconstrucción (Ausubel, 1978).

Por su parte, el avance de las ciencias naturales recurre a la construcción de modelos, que pueden resultar una buena interpretación de la realidad, pero no deben ser confundidos con la realidad misma (del Re, 2000). El científico hace siempre una abstracción de la realidad seleccio-

nando, no sin algo de arbitrariedad, sólo algunas de las propiedades que considera relevantes, por lo que los modelos nunca dejan de ser conjeturas sobre lo real, a la vez que actúan como herramientas para predecir y calcular. En este sentido el término modelo indica tanto provisionalidad como valor instrumental para producir explicaciones y predicciones de fenómenos reales.

Estas ideas centradas en la explicación y contrastación de modelos han propiciado el desarrollo de un enfoque particular para la enseñanza de las ciencias en las últimas décadas, que asume que el conocimiento de diversos modelos alternativos en la interpretación y comprensión de la naturaleza y su contrastación, ayudará al alumno no sólo a comprender mejor los fenómenos estudiados sino sobre todo, a reconocer la naturaleza del conocimiento científico elaborado para interpretarlos. La educación científica debe ayudar al alumno a construir sus propios modelos, pero también a interrogarlos y describirlos a partir de los elaborados por otros, ya sean sus propios compañeros o científicos eminentes (Glynn y Duit, 1995; Ogborn, 1996).

A pesar de la aparente aceptación del constructivismo como basamento pedagógico y la enseñanza por explicación y contrastación de modelos como estrategia didáctica, en la práctica

de la enseñanza de las ciencias se siguen observando situaciones propias de un marco empirista. Abundan las estrategias áulicas que suponen absoluta compatibilidad con los alumnos y realismo interpretativo; y que transmiten una postura epistemológica netamente positivista.

La poca práctica en la articulación de enfoques de enseñanza diferentes al tradicional y la incapacidad de diagramar clases dentro de otros enfoques puede entenderse como una posible causa de su persistencia. Consecuentemente, si se desea cambiar lo que ocurre en las aulas, y aunque parezca una obviedad, resulta necesario que los profesores estén preparados para el cambio. Para ello se requieren nuevas propuestas y alternativas tanto en la formación inicial como en la capacitación de los profesores en servicio que promuevan la reflexión sobre los diferentes saberes que se articulan en la práctica.

Para hacer frente a esta situación, dentro de las actividades encaradas por el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), se dicta periódicamente un taller destinado a la actualización y capacitación de profesores de ciencias de todos los niveles, que admite el trabajo en grupos interdisciplinarios entre profesores de química, física y biología. En este trabajo presentamos un estudio descriptivo de las actividades realizadas en el marco de dicho taller y analizamos los resultados obtenidos; debe ser entendido como un aporte para la reflexión de nuestras prácticas de enseñanza.

EL MODO DE TRABAJO COMO PROPUESTA DE APRENDIZAJE

El taller “*Reflexiones y práctica experimental para la construcción y el ajuste de modelos científicos. Una alternativa pedagógica en un marco constructivista*” se ha dictado en diversas ocasiones desde 2007, incluidos encuentros regionales y congresos de enseñanza de las ciencias en todo el país. Está destinado a profesores de secundaria, de institutos de formación docente, profesionales en ejercicio de la docencia, docentes de cursos preuniversitarios y primeros años de universidad y estudiantes de profesorado.

Se trata de un curso intensivo con modalidad de taller, diagramado para realizarse en cuatro jornadas de cuatro horas cada una. La dinámica del curso propone la conformación de grupos interdisciplinarios en los que los capacitandos provengan de instancias formativas diferentes. Esta estrategia resulta adecuada para resaltar la necesidad de adquirir determinadas competencias que hagan posible el trabajo cooperativo.

Los principales propósitos que se persigue en el taller son los capacitandos logren:

- Reflexionar sobre el concepto de ciencia como un conjunto de teorías en constante cambio y plausible de modificaciones paulatinas o abruptas.
- Conceptualizar el aprendizaje como un proceso constructivo individual e idiosincrásico de cada alumno y que el rol docente es de acompañamiento.
- Revisar el concepto de modelo a través del estudio de un caso particular.
- Evaluar la posibilidad de adoptar enfoques de enseñanza diferentes al tradicional o expositivo; particularmente “la enseñanza por

explicación y contrastación de modelos”.

- Entender la integración de los diferentes enfoques de la enseñanza o los múltiples papeles del profesor.
- Rescatar la importancia de los contenidos procedimentales y actitudinales, reflexionando sobre la necesidad de explicitarlos en la práctica docente.
- Expresar concretamente en forma oral y escrita los fenómenos observados, el conocimiento construido y la descripción del proceso que llevó a esa construcción.
- Ampliar el sentido crítico, la agudeza de la observación y el interés por el trabajo en grupo
- Transferir los saberes adquiridos en el taller a su práctica docente cotidiana.

Los contenidos a desarrollar en el taller se detallan en la tabla 1. Si bien la clasificación que se hace

de ellos es arbitraria (Coll y col., 1994), resulta de utilidad para poner a la luz ciertos tópicos que suelen obviarse a la hora de planificar una actividad de aprendizaje por no ser considerados “contenidos de la enseñanza”; nos referimos claro está, fundamentalmente a los contenidos actitudinales aunque también a algunos procedimentales.

Dentro del diseño del taller, se otorga mucha importancia a la realización cronológica de las actividades pautadas para cada jornada basándonos en la recursividad de las tareas. Los capacitadores guardan especial cuidado en no adelantar información sobre las actividades subsiguientes a los capacitandos para que de esta forma ellos puedan asumir un rol de alumnos y se encuentren frente a los capacitadores del mismo modo que sus estudiantes ante ellos, es decir sin conocer la estrategia que se implementará sujetos al factor sorpresa como suele ocurrir en una gran mayoría de las clases de ciencias.

Tabla 1: Contenidos desarrollados en el taller.

Contenidos Conceptuales	Equilibrio de fuerzas. Concepto de momento. Principio Fundamental de la hidrostática. Principio de Arquímedes. Fundamento de la balanza de Mohr-Westphal. Métodos para la determinación de la densidad (líquidos y sólidos). Concepto de Tensión superficial. Bases Químicas y Fisicoquímicas. Métodos para la determinación del coeficiente de tensión superficial (balanza de torsión, estalagmometría). Concepto de Tensioactivos. Tensioactivos biológicos. Estructura Química. Concentración micelar Crítica. Concepto de modelos científicos. Principios constructivistas.
Contenidos Procedimentales	Búsqueda bibliográfica. Procesos de medición y calibración. Construcción de gráficos. Expresión de resultados. Elaboración de informe científico. Construcción de portafolios. Construcción y ajuste de modelos científicos. Contrastación de datos, resultados, modelos, teorías. Comunicación de modelos científicos. Argumentación.
Contenidos Actitudinales	Trabajo cooperativo. Participación en debate. Escucha activa. Tolerancia y respeto a las propuestas alternativas. Pensamiento crítico.

Al comenzar el taller se llevan adelante las presentaciones obligadas y uno de los capacitadores interroga a los asistentes con respecto a qué lo motivó a asistir al curso. También se intenta evidenciar las posturas epistemológicas y pedagógicas de los concurrentes haciendo preguntas como: ¿Qué cree que es la ciencia? ¿Dónde se puede hacer ciencia? ¿Quién puede hacer ciencia? ¿Por qué es importante la educación científica? ¿Qué problemas encontró al intentar enseñar ciencias? ¿Qué hace en su clase? ¿Qué hacen sus alumnos en su clase? El otro capacitador registra las respuestas y actúa como observador. La información recopilada se utiliza en el cierre del curso como insumo para la reflexión de los propios cursantes, y además en la evaluación permanente de las actividades del equipo de trabajo y como sustrato de nuestras investigaciones. Desde el comienzo, se señala a los alumnos del taller la necesidad de llevar una bitácora de lo actuado en el curso, en la cual vuelquen también sus expresiones y que junto con bocetos, anotaciones, selección de bibliografía, protocolos de trabajo e informes conformarán los portafolios que serán el objeto de evaluación.

Durante la primera jornada se lleva adelante una intervención de tipo expositivo. Se exponen conceptos para explicar el fenómeno de flotabilidad asumiendo cierto grado de compatibilidad, se secuencian los contenidos siguiendo la lógica de la disciplina y se espera de los asistentes un papel de recepción y asimilación. En general, por tratarse de nociones básicas de física y de química, los contenidos suelen ser conocidos por los capacitandos, al menos en una concepción clásica del conocimiento. Con esta base, los asistentes al taller elaboran su propio modelo considerando la información disponible

hasta el momento.

Simultáneamente, se aprovecha la primera jornada para incorporar los métodos de medición de la densidad, se hace hincapié en la expresión correcta de los resultados y en la confección de un informe de la experiencia.

Cerca de la finalización del primer encuentro los capacitadores hacen notar que han logrado “*hacer flotar un objeto metálico en agua*” (en realidad logran la suspensión de una chinche en la interfaz agua-aire), lo que parece oponerse al modelo presentado y aceptado. Consecuentemente el modelo entra en conflicto.

Se pide a los capacitandos que expliquen lo que está sucediendo, que lo resuelvan grupalmente y que lo expongan en el próximo encuentro. El diagrama de la primera jornada puede resumirse según la tabla 2.

Tabla 2: Actividades de la primera jornada.

Día 1:	
1°	Revisión de contenidos previos: equilibrio de fuerzas, concepto de momento, principio fundamental de la hidrostática, concepto de empuje, principio de Arquímedes.
2°	Resolución de los casos de flotación en forma grupal.
3°	Acuerdo de un modelo para explicar el equilibrio de sólidos en líquidos.
4°	Medida de densidades con balanza de Mohr-Westphal.
5°	Primer conflicto: chinche apoyada en la interfaz agua/aire.
6°	Propuesta a los capacitandos de diseño de un nuevo modelo.

Las actividades del segundo encuentro giran en torno a la explicitación y comunicación de los modelos desarrollados por los concurrentes como resultado del primer encuentro. A lo largo de la jornada se logran nuevos acuerdos y se

acercan posiciones para finalmente consensuar un modelo que permita explicar lo observado: *“la chinche no se hunde”*.

Los capacitadores guían a los alumnos en la formalización del modelo arribando al concepto de tensión superficial como parte fundamental de la interpretación. Se discute la naturaleza del concepto desde perspectivas químicas, físicas y fsicoquímicas.

Se presta especial atención a la forma en la que los capacitandos expresan sus modelos, se toma nota de ello o se lo graba y se les recuerda que registren todas sus apreciaciones en la bitácora junto con los bocetos para poder luego elaborar sus portafolios.

Tras incorporar métodos para la medición de la tensión superficial el modelo vuelve a entrar en conflicto: *“según el coeficiente de tensión superficial determinado para el agua y el perímetro de la chinche, la máxima fuerza de tensión posible no lograría equiparar el peso”*.

Nuevamente los capacitandos deberán reelaborar el modelo. El diagrama de la segunda jornada puede resumirse según la tabla 3.

Tabla 3: Actividades de la segunda jornada.

Día 2:	
1°	Puesta en común de los modelos propuestos por los capacitandos.
2°	Medida de la densidad de la chinche por picnometría.
3°	Formalización del nuevo modelo incorporando el concepto de tensión superficial.
4°	Determinación del coeficiente de tensión superficial del agua utilizando balanza de torsión.
5°	Segundo conflicto: el peso es mayor que la fuerza de tensión superficial.
6°	Propuesta a los capacitandos de diseño de un nuevo modelo.

Al retomar la actividad los grupos de trabajo ponen a consideración del plenario sus propuestas; con los mismos recaudos que en la jornada anterior los capacitadores median en el debate acelerando los consensos y formalizando un nuevo modelo. Este resulta ser más amplio y resiste las contrastaciones que pusieron a los anteriores en conflicto: *“el peso de la chinche es equiparado por la fuerza de tensión superficial y el empuje de forma mancomunada”*.

Se presenta a los alumnos una serie de experiencias y se los invita a explicarlas a partir de los acuerdos alcanzados. Se profundiza en las implicaciones químicas de la Tensión Superficial, el concepto de Concentración Micelar Crítica y de tensioactivos químicos y biológicos. El diagrama de la tercera jornada puede resumirse según la tabla 4.

Tabla 4: Actividades de la tercera jornada.

Día 3:	
1°	Puesta en común de los modelos propuestos por los capacitandos.
2°	Consenso y formalización del nuevo modelo y de implicaciones químicas y fsicoquímicas de la tensión superficial.
3°	Observación y análisis de experiencias plausibles de explicación utilizando el modelo acordado. Esta actividad se realiza en grupos reducidos en primera instancia y luego en plenario.

El cuarto encuentro es un espacio de reflexión. Es el momento de repensar lo actuado, de llevar adelante la integración de los conocimientos y de promover la metacognición individual. Articulado como un debate y con los capacitadores oficiando de mediadores se retoman algunas de las preguntas realizadas en la primera jornada. Se discuten las principales características del constructivismo, se analizan las prácticas habituales de los docentes en el aula, se explicitan

las ideas del enfoque de la enseñanza por explicación y contrastación de modelos y se presenta la idea de los múltiples papeles del profesor (integración de diferentes enfoques de la enseñanza).

Los capacitandos suelen llevar el debate hacia la posibilidad de implementación de algunas de las actividades realizadas a la situación áulica de cada uno.

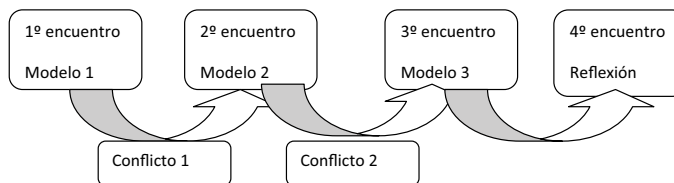
Los capacitadores recopilan los portafolios y hacen un primer análisis de ellos, participando a los alumnos del mismo, la intención es mostrar el funcionamiento de este tipo de herramientas. Se procede a la realización de una autoevaluación y evaluación por pares. El diagrama de la cuarta jornada puede resumirse según la tabla 5.

Tabla 5: Actividades de la cuarta jornada.

Día 4:	
1°	Análisis y reflexión de lo actuado.
2°	Herramientas accesorias a la actividad en el aula: el portafolios.
3°	Autoevaluación.

En la figura 1 se resumen las características primordiales de cada jornada de trabajo durante el taller. La idea general es promover el pensamiento crítico y creativo, a partir de ciertos conceptos teóricos y ciertas actividades prácticas experimentales donde cada capacitando es parte activa del proceso de construcción de conocimiento. Ese conocimiento que comienza a construirse durante el primer encuentro es revisado, puesto a prueba, cuestionado durante los encuentros siguientes hasta que se logra un consenso entre el conocimiento construido de modo personal y el conocimiento científico.

Figura 1. Resumen de las jornadas del taller



La devolución final por parte de los coordinadores se realiza en una instancia en general no presencial, por correo electrónico, dado que la mayor parte de las dudas fueron discutidas de manera presencial durante el debate de cierre del taller.

DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS PARA LA CAPACITACIÓN DOCENTE

En una sociedad donde la ciencia esta cada vez mas presente en la vida cotidiana, parece necesario hacerla accesible a la mayor parte de los alumnos. No obstante muchos datos revelan que éstos, en vez de hacer propias las teorías y modelos científicos enseñados en clase, siguen interpretando el mundo según esquemas intuitivos o culturales ajenos a la ciencia. Por otra parte, cada vez hay más profesores de ciencia que comprueban, con frustración, que sus alumnos apenas están interesados en ese saber científico y tienen también serias dificultades para utilizarlo tanto en la resolución de problemas escolares como en los cotidianos (Pozo y Gómez Crespo, 2001).

La necesidad imperiosa de avanzar en la alfabetización científica de la sociedad en su conjunto es puesta de manifiesto en los discursos de académicos, intelectuales y políticos.

La respuesta a la crisis de la educación científica debe basarse en su renovación pro-

funda, reafirmando sus propósitos y contenidos esenciales; hacer participar a los estudiantes y futuros ciudadanos de las actividades, las formas de pensamiento y los modelos y teorías propios de la ciencia como discurso social. La universidad debe asumir su rol preponderante en esta renovación; entendiéndose como parte integrante de un sistema educativo que debe tender al mejoramiento de sus prácticas en lo que a educación científica refiere.

Para lograr estos cambios, es necesario que los profesores sean actores principales en este proceso. Los aportes, como el taller descriptivo, son esfuerzos tendientes al mejoramiento de la enseñanza de la ciencia en general y de ciertos contenidos en particular en todos los niveles del sistema educativo formal, porque reconocemos que no puede abandonarse el contenido específico en cualquier instancia de formación pedagógica (Shulman, 1986), por ello, nos enmarcamos en nuestro modelo de enseñar enseñando.

El análisis de los resultados obtenidos en las distintas repeticiones del taller arroja resultados positivos. La propuesta resulta exitosa al combinar procedimientos tanto intelectuales como sensoriomotores y sobre todo por propiciar la reflexión y la metacognición.

Un detenido estudio de las desgrabaciones de las intervenciones de los capacitandos, de los portafolios y de las bitácoras nos permitió evidenciar sutiles cambios en sus posturas epistemológicas. Los participantes comenzaron a reflexionar sobre sus propias realidades áulicas y evaluaron la posibilidad de incorporar alguna de las herramientas desarrolladas durante el taller en su propia práctica docente.

Esta instancia se convierte en un punto de

doble evaluación, formando parte del cierre del taller y siendo valiosa para el análisis del mismo por parte de los capacitadores.

Al alcanzar la adquisición de ciertos contenidos procedimentales y actitudinales y trabajar con la construcción de modelos se logra percibir que los modelos (y teorías científicas) no son ni ciertos ni falsos. Se llega al entendimiento que el conocimiento cuestionado se convierte en punto de partida del nuevo conocimiento.

No es menor el hecho de que los asistentes valoren actividades relacionadas con la comunicación y expresión de resultados, la planificación de experiencias y la práctica en métodos de medición. Para muchos de los participantes el taller es la primera instancia de acercamiento a herramientas como la bitácora del curso, el portafolio, la autoevaluación y la evaluación por pares. Entre otros resultados obtenidos durante la implementación del taller se destacan los siguientes:

Los profesores tuvieron dificultades en el uso de instrumentos de medida.

El trabajo cooperativo favorece la construcción y la contrastación de modelos.

Se observó un aumento paulatino del uso de bibliografía.

Los capacitandos se mantienen expectantes al inicio del taller y asumen un rol receptivo, que a lo largo del taller se modifica a un mayor grado de compromiso individual y un aumento gradual en los niveles de participación.

Aparición de un marcado interés por el potencial de la teoría constructivista.

Notorio desarrollo del espíritu crítico.

Se observó un aumento en los niveles de tolerancia y capacidad de negociación

Este trabajo no pretende proporcionar recetas ni soluciones preconcebidas, sino ayudar a los docentes a dar más sentido a su práctica y a superar las dificultades que conlleva, acercándose al entendimiento de cómo aprenden ciencia sus alumnos y cómo, a través de su enseñanza, pueden ayudarles a lograr un mejor y más significativo aprendizaje.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de los Proyectos UBACYT B-055(2008-2010), y UBANEX 2008.

REFERENCIAS

Coll, C., Pozo, J. I., Sarabia, B. y Valls, E. (1994). *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Buenos Aires: Santillana, Aula XXI.

del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 6(1), 5-15.

Lorenzo, M. G. y Farré, A. S. (2010) Epistemología, Historia y Filosofía de las ciencias: Un puente entre la investigación didáctica y la enseñanza de las ciencias. (Enviado para su publicación, septiembre 2010)

Lorenzo, M., Reverdito, A., Perillo, I., y Salerno, A. (2001). Los contenidos procedimentales en el laboratorio de química orgánica para la formación docente. *Journal of Science Education*, 102-105.

Lorenzo, M., y Rossi, A. (2007). Experimental practical activities in scientific education. *The Chemical Educator*, 1-6.

Matthews, M. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: Un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las ciencias*, 79-88.

Moreira, M. (1993). Sobre la enseñanza del método científico. *Memorias REF VIII*, 3-12.

Otero, R. (1997). Fundamentos epistemológicos del constructivismo y la enseñanza de la física. *Revista de enseñanza de la física*, 5-13.

Pozo, J. I. (1999). *Aprendices y maestros*. Madrid, España: Editorial Alianza.

Pozo, J. I., y Postigo, Y. (2000). *Los procedimientos como contenidos escolares*. Barcelona, España: Editorial Edebe.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.

Ideas para el aula

EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN EL AULA DE CIENCIA: EL SUELO COMO INTEGRADOR DE CONCEPTOS QUÍMICOS

Lucrecia E. Moro¹, María Alejandra Tintori Ferreira² y María Gabriela Lorenzo³

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. ² Instituto Stella Maris Adoratrices, Mar del Plata. ³ CIAEC. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. CONICET.

Resumen

En este trabajo presentamos una propuesta didáctica innovadora para alumnos de la Educación Secundaria, sobre el tema suelo en la cual se tiene en cuenta el impacto de la actividad humana. Esta propuesta se implementó durante el desarrollo del tema disoluciones y ofreció una nueva alternativa para la interpretación de los conceptos de disolución y de pH. Se relacionaron los compuestos químicos con los agentes formadores del suelo y sus contaminantes. La experiencia didáctica se desarrolló simultáneamente en cinco escuelas de la Provincia de Buenos Aires empleando una metodología “en red” en el marco del Programa “Ciencia entre Todos” (CET). Presentamos la propuesta didáctica por su carácter innovador para el tratamiento de los diseños curriculares de química, por su enfoque integrador con las problemáticas sociales de la región y la promoción del cuidado del ambiente desde el punto de vista del desarrollo sustentable.

Palabras clave: enseñanza de la química; recursos didácticos; conservación del suelo; disoluciones y pH

Teaching experience in the classroom of science: the soil as chemical thread concept

Abstract.

We present a new didactic approach for secondary students about “the soil”. The impact of the human activity was especially considered. This design was carried out for solutions and provided new strategies for understanding pH concept. Chemical compounds were related with the training agents of the ground and its pollutant. This didactic experience was simultaneously put into practice in five schools of Provincia de Buenos Aires employing net methodology. This belongs to the Program “Science by and for Everyone” (CET). We

present this proposal because of its innovation characteristics for chemical contents, its focus on social and regional problems and the promotion of environment care from sustainable development perspective.

Key words: teaching chemistry; teaching resources; soil conservation; solutions and pH.

ENSEÑAR QUÍMICA PARA TODOS

La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales en general y de la química en particular, requieren cada vez más de un enfoque integrador que trascienda la formación propédeutica, para incidir en la alfabetización científica de toda la comunidad escolar, en el marco de una educación para todos y todas y del desarrollo sostenible de la región (Gil Pérez y Valdés Castro, 1996; Gil y Vilches, 2001). En este sentido, la enseñanza de la química implica un acercamiento a la cultura científica (Reigosa Castro y Jiménez Aleixandre, 2000), a su metodología, a sus metas y desafíos a lo largo de la historia (Seré, 2002).

Muchas de las dificultades que presenta el aprendizaje de la química tienen que ver con argumentos relacionados con cómo se enseña y cómo se aprende la ciencia.

El aprendizaje es un proceso mediante el cual los nuevos conocimientos son asimilados dentro de la estructura conceptual del que aprende. El modelo de cambio conceptual indica que el aprendizaje con comprensión real ocurre cuando el que aprende construye y transforma activamente sus propios significados, y no cuando adquiere y acumula pasivamente conocimientos que se le transmiten (Driver y Erickson, 1994; Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982). El uso de estrategias de enseñanza basadas en la explicación, y diferenciación de modelos macros-

cópicos y microscópicos ayuda a los alumnos a lograr la manipulación y contrastación de sus ideas con los modelos científicos favoreciendo la comprensión y el aprendizaje.

Para aprender un concepto y construir conocimientos a partir de él, los alumnos hacen uso de representaciones o modelos mentales. Estos son esquemas internos que se generan a fin de captar, comprender y predecir fenómenos. El aprendizaje estará directamente relacionado con el mayor o menor acercamiento de las representaciones mentales generadas a los modelos científicos del fenómeno que se trate. Aprender ciencias requiere entonces de una reorganización de las representaciones intuitivas o cotidianas que poseen los alumnos. Por ello, para lograr un verdadero aprendizaje es preciso diseñar estrategias de enseñanza orientadas al logro de ese cambio conceptual (Pozo y Gómez Crespo, 2002). Los alumnos necesitan desarrollar nuevas formas de pensar y nuevas competencias para representar el mundo mediante los modelos de la ciencia, de manera de redescubrir esa experiencia del mundo físico macroscópico en nuevos niveles representacionales simbólicos (Lorenzo y Pozo, 2010). Para ello, en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, deben proponerse la interacción entre el alumno, el entorno cotidiano y los modelos científicos.

A pesar de la cotidianeidad del fenómeno de disolución, su aprendizaje presenta dificultades para los estudiantes (Ahtee y Varjola, 1998; Stavridou y Solomonidou 1998) porque requie-

re de una comprensión de conceptos y modelos teóricos muy abstractos para poder construir las representaciones mentales necesarias para lograrlo. La experiencia en el aula muestra que existen obstáculos conceptuales que impiden una generación adecuada de representaciones mentales sobre disoluciones y, por lo tanto, el aprendizaje no es eficiente (Nappa, Insausti y Sigüenza, 2005). En general, las explicaciones sobre los fenómenos de disolución suelen prescindir de la vastedad de factores que intervienen, como por ejemplo, la concepción corpuscular de la materia. Algunos estudios realizados sobre las concepciones de los estudiantes sobre las disoluciones señalan que en una primera instancia el proceso de disolución lo visualizan como la acción de disolver un soluto en un solvente, o sea cuando se agrega una sustancia (en la mayoría de los casos) sólida en un líquido (no suelen referirse a solventes en otro estado de agregación) y luego se agita para distribuir la sustancia en el líquido (Prieto, Blanco y González, 2000). Con esta perspectiva, para esos alumnos, los términos disolver y mezclar son indicativos del mismo fenómeno, y por ende, las disoluciones pueden incluir otros sistemas como las mezclas heterogéneas, las suspensiones o las dispersiones coloidales. A diferencia de los anteriores, otros alumnos consideran a las disoluciones como una sustancia pura, debido a que no ven una línea de separación entre soluto y solvente (Nappa, Insausti y Sigüenza, 2005).

Atendiendo al propósito de conectar los fenómenos conocidos por los estudiantes y los contenidos de la química, resulta que el suelo proporciona un excelente marco para el estudio de los procesos de disolución ya constituyen un rasgo característico de los distintos tipos de suelos. Aunque la idea de suelo parece obvia y evidente,

en general, los alumnos tienen una idea estática del suelo y que tal como pueden observarlo en un momento dado así permanecerá, inalterable aún a pesar del paso del tiempo. Para desestructurar estas ideas y propiciar una primera conceptualización que involucre las ideas de cambio constante, equilibrio dinámico y la identificación de los factores responsables, se propone una secuencia de actividades centradas en el empleo de experiencias para representar algunos de esos procesos.

“ENREDÁNDONOS” PARA LA ELABORACIÓN DE UNA NUEVA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

El Programa *Ciencia entre todos* está orientado al mejoramiento de la calidad de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias en distintos niveles educativos. De este modo, intenta dar respuestas a un conjunto de problemáticas que resultan especialmente significativas para el nivel secundario y los primeros años de la universidad (Lorenzo, 2006). El Programa atiende a un grupo heterogéneo de estudiantes de diversas localidades de la Provincia de Buenos Aires, e intenta abordar la resolución de problemas puntuales en escenarios concretos. Por tanto, uno de sus objetivos es mostrar una enseñanza disciplinar basada en modelos didácticos que fortalezcan una enseñanza constructivista de las ciencias experimentales.

Los estudiantes prestan mayor atención cuando el tema a estudiar se presenta de manera que para ellos sea de interés y relevancia. Por esto, “el suelo” es un tema relevante para ser tratado en la escuela ya que, además de ser nuestro asiento natural, es un recurso del que se extraen las materias primas que abastecen a numerosas

industrias y el sustrato de los vegetales y de los animales, que en gran parte proveen de alimentos al hombre. El suelo es esencial para la vida, por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión sobre la humanidad y, en general, sobre todo el planeta.

El hombre desde que nace entra en contacto con la naturaleza, es decir, inicia su conocimiento sobre todo lo que lo rodea, va despertando su curiosidad, su interés e incluso su pasión por saber. Sin embargo, estas actitudes y actividades humanas, no siempre son benéficas para la naturaleza, más bien al contrario como lo prueba el deterioro creciente del medio ambiente.

El suelo está expuesto a diversas formas de contaminación, tanto en el medio rural como en el urbano. Cabe mencionar la contaminación por aguas negras, plaguicidas, desechos tóxicos en estado líquido o gaseoso que despiden las fábricas, el uso constante y desmedido de detergentes, desechos sólidos y sintéticos, como el plástico que resiste la descomposición, los desechos de animales que son arrojados a cielo abierto, y la basura que genera desechos residuales que van a las fuentes de agua subterránea, y propician además el desarrollo de formas de vida perjudiciales (Ballenilla, 2005). El estudio del suelo debe aportar herramientas para generar actitudes que consideren un desarrollo sustentable de la región donde se habita, considerando a “el suelo” como un recurso natural renovable, y creando conciencia global del impacto ambiental de las acciones individuales.

Desde un punto de vista químico, el suelo es un sistema dinámico con complejos equilibrios concurrentes y su fertilidad se relaciona con la presencia/ausencia de iones disueltos. Las reacciones en disolución determinan la forma

fsicoquímica de los iones en el suelo y en definitiva su fertilidad. Uno de los factores claves de la dinámica de los suelos está asociado al pH del mismo.

La experiencia innovadora tuvo como propósito general la capacitación de los alumnos para comprender mejor el mundo donde viven, motivándolos para que intenten buscar la razón o justificación de algunos de los fenómenos que los rodean. Se pretendió lograr una conexión efectiva y real entre lo que aprenden en la clase de ciencia de la escuela con las vivencias, sentimientos y necesidades del alumnado.

Con este trabajo los estudiantes conocieron el impacto ambiental, producido por la actividad humana sobre el suelo de distintas zonas de la Provincia de Buenos Aires y lo relacionaron con los conceptos aprendidos en la clase de ciencias naturales sobre disoluciones. En particular, se discutieron las hipótesis referentes a la zona urbana de la ciudad de Mar del Plata en la que se encuentra nuestra escuela.

Debido al relieve, a la ubicación geográfica y la carpeta asfáltica de la zona de muestreo, se formularon las siguientes hipótesis centrales:

- En la zona muestreada el nivel de degradación de los suelos es alta.
- En la observación del perfil del suelo muestreado no se encontrarán los horizontes, ni la roca madre.

A partir de estas hipótesis se propuso:

- Recabar y organizar información bibliográfica sobre agentes formadores del suelo, perfiles del suelo, agentes contaminantes y sus consecuencias, importancia de los suelos (elaboración de un marco teórico).
- Registrar y analizar, en forma experi-

mental, con la utilización de recolección de muestras de suelos y fotos de perfiles de suelos, los distintos perfiles y agentes formadores de los suelos (contrastación de hipótesis, desarrollo experimental).

- Comparar los resultados y conclusiones obtenidos en la escuela con datos aportados por las escuelas integrantes del Programa CET. Divulgar a la comunidad escolar los datos recogidos para que en forma conjunta se puedan ir buscando medidas de mitigación de los impactos ambientales negativos (comunicación científica).

Se implementó una secuencia de actividades (Cuadro 1) con la cual se trabajaron los contenidos a través del planteamiento de problemas,

delimitando los objetivos durante tres meses de clase. Los alumnos reflexionaron y debatieron sobre las siguientes ideas:

- La capa superficial del suelo está formada por partículas de rocas y por restos de seres vivos.
- El suelo se forma a partir de las rocas que se rompen por acción del agua, de los vientos, los cambios bruscos de temperatura y por la acción de los seres vivos y los restos de organismos.
- La acción del agua, el viento, los animales y el hombre producen cambios en el suelo por movimiento y por desgaste.
- La acción del hombre desgasta el suelo y lo contamina.

Cuadro 1. Secuencia didáctica

- 1) Actividades de iniciación: Indagación de ideas previas. Planteo de hipótesis. Búsqueda de información en diferentes fuentes (bibliográfica, libros de texto, periódicos, revistas de divulgación, medios informáticos) sobre el tema suelo y las consecuencias de su contaminación. Confección de un marco teórico en base a un cuestionario empleando bibliografía de apoyo. (Anexo 1).
- 2) Salida de campo para examinar y fotografiar el perfil del suelo y recolección de muestras de la zona en la que se ubica la escuela.
- 3) Exploración y análisis de las muestras de suelo recolectadas en la salida.
- 4) Visualización de la acción de diversos factores como el agua, las variaciones bruscas de temperatura en la formación de suelos aplicando modelos científicos. (Anexo 2).
- 5) Identificación de los distintos horizontes del perfil del suelo propio examinando las fotografías. Comparación y análisis de diferentes perfiles de suelo, enviados por las otras escuelas participantes del Proyecto.
- 6) Trabajo experimental en el laboratorio: análisis químico, procesamiento de datos e interpretación de resultados. Análisis sencillos de pH y cantidad de agua en las muestras tomadas.
- 7) Análisis de resultados y elaboración de conclusiones.
- 8) Comunicación de resultados a través de la elaboración de un informe científico.

Actividades de iniciación: Indagación de ideas previas. Planteo de hipótesis. Búsqueda de información en diferentes fuentes (bibliográfica, libros de texto, periódicos, revistas de divulgación, medios informáticos) sobre el tema suelo y las consecuencias de su contaminación. Confección de un marco teórico en base a un cuestionario empleando bibliografía de apoyo. (Anexo 1).

Salida de campo para examinar y fotografiar el perfil del suelo y recolección de muestras de la zona en la que se ubica la escuela.

Exploración y análisis de las muestras de suelo recolectadas en la salida.

Visualización de la acción de diversos factores como el agua, las variaciones bruscas de temperatura en la formación de suelos aplicando modelos científicos. (Anexo 2).

Identificación de los distintos horizontes del perfil del suelo propio examinando las fotografías. Comparación y análisis de diferentes perfiles de suelo, enviados por las otras escuelas participantes del Proyecto.

Trabajo experimental en el laboratorio: análisis químico, procesamiento de datos e interpretación de resultados. Análisis sencillos de pH y cantidad de agua en las muestras tomadas.

Análisis de resultados y elaboración de conclusiones.

Comunicación de resultados a través de la elaboración de un informe científico.

Con ello pretendimos que los alumnos percibieran al suelo como un recurso natural renovable y con una estructura cambiante como producto del clima y los seres vivos que viven sobre él, y más concretamente, que fueran capaces de:

- Describir los procesos y factores que inter-

vienen en la formación y evolución de los suelos.

- Describir la estructura, la textura de los diferentes tipos de suelos e identificar los estratos del suelo.
- Valorar la importancia de la conservación del suelo como recurso natural renovable, en el marco del desarrollo sustentable.
- Relacionar el concepto suelo en el contexto ciencia, tecnología y sociedad (CTS).
- Diseñar y participar en actividades dirigidas al aprovechamiento racional de los suelos.
- Reconocer los principales tipos de suelos de una región.
- Analizar los componentes comunes del suelo.
- Determinar el pH de algunos suelos.
- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre el uso de los suelos.
- Sensibilizarse frente a los problemas ambientales relacionados con el suelo.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Con estas actividades se logró despertar la motivación, propiciar la toma de conciencia y de decisiones sobre la necesidad permanente de cuidar el suelo, no sólo de los alumnos sino también de los docentes y de toda la comunidad escolar. Los resultados obtenidos muestran una buena conceptualización respecto a la naturaleza del suelo y sus cuidados, y además y fundamentalmente, un buen desarrollo de habilidades y destrezas por parte de los alumnos que lograron las siguientes competencias:

- Trabajar en equipo, realizar búsquedas bibliográficas y desarrollar un marco teórico

para el trabajo propuesto.

- Organizarse para realizar una salida de campo y recolectar muestras de suelos.
- Identificar los horizontes del suelo observado.
- Organizarse en el trabajo de laboratorio, siendo cuidadosos y respetuosos del otro y del ambiente.
- Registrar datos y comparar resultados entre los grupos formados para la realización de cada actividad.
- Debatir y defender sus ideas en un marco de permanente respeto, como así también aceptar las divergencias y conocer diversas realidades y miradas aportadas por el trabajo de los alumnos y docentes de otras escuelas.
- Elaborar conclusiones sencillas de cada trabajo práctico realizado.

De la implementación de esta experiencia surge la evidencia sobre la existencia de alternativas válidas para el desarrollo de los temas de los diseños curriculares de química que no deben quedar congelados en el tiempo ni en la rutinización de las prácticas. Esta experiencia innovadora mostró como pueden desarrollarse los temas: disoluciones y pH utilizando un enfoque integrador a partir de la problemática del suelo. Esto permitió una mayor y mejor interpretación de los conceptos por parte de los alumnos en un clima de trabajo comprometido y cooperativo.

La escuela no debe ser una unidad aislada de la vida de la comunidad, sino una parte integral importante de la sociedad que, como tal, puede formar verdaderos valores solidarios. Los alumnos son capaces de desplegar su creatividad y encontrar soluciones a problemas vivenciales con firmes propuestas, si la metodología que el

docente emplea lo permite.

Finalmente, consideramos que el cuidado del medio ambiente debiera ser una urgente necesidad educativa plasmada en contenidos globales que los alumnos puedan conocer y que, como ya se ha demostrado, puedan elegir y proponer estrategias de solución a fondo. Si consideramos que cada localidad es como un pequeño punto con sus propias costumbres, formas de comunicación y tradiciones, que conforma un país con las mismas aficciones, paso a paso pero de manera segura se pueden ir resolviendo estos problemas sobre el medio ambiente.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de los siguientes proyectos de investigación UBACYT B-055 (2008-2011), UBANEX RF (2008) N°39, PIP CONICET (2010-2012) N°11220090100028 y Proyecto de Investigación 2009 UNMDP 15/G251.

REFERENCIAS

- Ahtee, M. y Varjola, I.** (1998). Students' Understanding of Chemical Reaction. *International Journal of Science Education*, 20(3), 305-316.
- Ballenilla, F.** (2005). La sostenibilidad desde la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles, un problema socioambiental relevante. *Investigación en la Escuela*, 55, 73-87.
- Driver, R. y Erickson, G.** (1994). Constructing scientific Knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P.** (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163.

Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

Lorenzo, M. G. (2006). Science by and for everyone: A transforming relationship between University and School, *The Chemical Educator*, 11 (3), 214-217. DOI 10.1333/s00897061033a.

Lorenzo, M. G. y Pozo, J. I. (2010). La representación gráfica de la estructura espacial de las moléculas: eligiendo entre múltiples sistemas de notación, *Cultura y Educación*, 22 (2), 231-246.

Nappa, N., Insausti M. J. y Sigüenza A. F. (2005). Obstáculos para generar representaciones mentales adecuadas sobre la disolución. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2 (3), 344-363.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 6, 211-227.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2002). Más

allá del “equipamiento cognitivo en serie”: la comprensión de la naturaleza de la materia. En: Benlloch, M (comp.). *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós, 235-263.

Prieto, T., Blanco, A. y González, F. (2000). La Materia y los Materiales. DCE, *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Editorial Síntesis S.A.

Reigosa Castro, C. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284.

Seré, M. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?, *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357-368.

Stavridou, H. y Solomonidou, C. (1998). Conceptual Reorganization and the Construction of the Chemical Reaction Concept during Secondary Education. *International Journal of Science Education*, 20(2), 205-221.

ANEXO 1

Guía de investigación

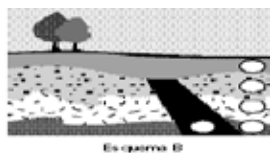
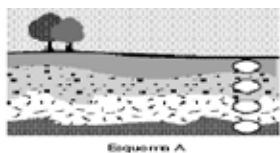
1. ¿Qué interés puede tener para nosotros el estudio del suelo?
2. ¿Es suelo todo lo que pisamos?
3. Dar una definición de suelo y explicar por qué se considera al suelo importante para el desarrollo de la vida en el planeta.
4. Nombrar los componentes que forman el suelo, indicando las fórmulas químicas.
5. Explicar qué es la meteorización.
6. Realizar un mapa conceptual para explicar cómo se produce la formación de los suelos debido a la meteorización
7. Definir humus. Investigar cuál es su importancia en los suelos.
8. Escribir en los espacios señalados la respuesta a la influencia de los factores formadores del suelo. Explicar en la fila de la derecha el por qué.

	In fuye: si/no	¿Cómo in fuye?	Explicación
Clima			
Inclinación del terreno			
Tipo de roca			
Los vegetales y animales			
Los microorganismos			

9. Realizar en tu carpeta un cuadro como el siguiente y completarlo con los tipos de suelos.

Tipo de suelo	Características	Aptos/ no aptos para la agricultura

10. De los tipos de suelos que existen, ¿cuáles crees que son mejores? ¿Para qué tipo de actividad son usados?
11. Mencionar las condiciones necesarias para que un suelo sea apto para la agricultura (tener en cuenta los índices de humedad y valores de pH)
12. Explicar qué son los perfiles del suelo y realizar un dibujo.
13. ¿Qué suelo es más viejo? Para responder observar los esquemas A y B y deducir el posible orden en que se formaron las capas del suelo. Colocar en los círculos correspondientes a la capa más antigua el número 1 y el número mayor a la capa más actual.



14. ¿Qué consecuencias tienen sobre los suelos las siguientes acciones?: los cultivos intensivos, la tala de bosques, el pastoreo intensivo, la quema de rastrojos.
15. ¿Qué papel desempeña la vegetación en la conservación de los suelos?
16. Explicar a qué factores se debe la contaminación de los suelos. Buscar las fórmulas químicas de los contaminantes del suelo.
17. Indicar las recomendaciones para conservar los suelos.

BIBLIOGRAFÍA DE APOYO

- Bilenca D. y Kechichian G. K. (1999). Ecología Urbana y Rural. Santillana.
- Casa, R., Gil, R., Iurtia, C. B. Michelena, R. O., Mon, R., Noailles Bosch, E. E., Da Veiga , A. y Di Giacomo, R.M. (1997). El suelo y su conservación. Módulos de conocimiento orientados a docentes de 3° ciclo de la EGB y Polimodal. Instituto de Suelos Centro de Investigación de Recursos Naturales. INTA
- Cuniglio, F., Barderi, M., Bilenca, D., Granieri ,P.y Fernández, E. (2000). Biología y Ciencias de la Tierra. Santillana. Polimodal.
- Porta Casanellas, J., López Acevedo Reguerín, M. y Roquero de Laburu, C. (1994). “Edafología para la agricultura y el medio ambiente”. Mundi-Prensa. Madrid.
- Tarbuk, E. y Lutgens, F. (2000). Ciencias de la Tierra “Una introducción a la geología física”. Prentice Hall. 5, 111-130.

ANEXO 2

La experiencia consiste en colocar, durante una noche, un trozo de ladrillo humedecido y envuelto en una bolsa de polietileno transparente, en el interior del congelador de la heladera. Mientras tanto, como testigo, un trozo similar, humedecido con la misma cantidad de agua y envuelto con una bolsa parecida, se mantendrá fuera de la heladera. Al cabo de dos o tres días, se extraerá el ladrillo del congelador y luego de un tiempo (el suficiente para que el agua se descongele), se golpearán los dos trozos de ladrillo con un martillo tratando de que la intensidad del golpe sea la misma. Luego se comparará el grado de desintegración de ambos trozos.

Ideas para el aula

LAS SIMULACIONES COMO UNA FORMA DE EFECTIVIZAR LA UNIDAD TEÓRICO - PRÁCTICA EN UN CURSO DE QUÍMICA GENERAL

Ejemplificación en el caso particular del tema gases

Sergio Baggio

Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Puerto Madryn, Chubut, Argentina
baggiosergio@yahoo.com.ar

Resumen

En el presente trabajo se propone el uso de simulaciones en la clase teórica, como una forma para lograr la búsqueda unidad teórico-práctica en un curso de química general, que sigue los lineamientos del proceso de investigación guiada. Se ejemplifica el uso de las mismas en el tema gases donde se indican los momentos en que pueden utilizarse en una presentación PowerPoint y los resultados que se pretenden lograr para que los alumnos pasen a tomar una actitud más participativa que en una clase convencional.

Palabras clave: Simulaciones, investigación guiada, química general, gases.

Simulations as a way to get an effective theoretical-practical unit in a general chemistry course. Exemplification in the particular case of gases.

Abstract.

In this paper, the use of simulations as a way to obtain the desired theoretical-practical unit in a general chemistry course following the learning cycle method is reported. The different places in which simulations are included in the lecture of gases through a Power Point presentation and the benefits that the teacher hope to obtain from students, are clearly specified.

Key words: Simulations, learning cycle, general chemistry, gases

INTRODUCCIÓN

Experiencias propias recogidas en las encuestas que se realizan con los alumnos de los cursos de química general acerca de la asignatura y que son compartidas por diversos colegas, muestran que muchos de los estudiantes tienen dificultades en encontrar la relación que existe entre las actividades teóricas y prácticas que se realizan en la materia.

Los cambios que sufrió la enseñanza de la química en las universidades en las últimas décadas se ve reflejada en una disminución de la actividad práctica de laboratorio y en contraposición un incremento en los contenidos teóricos (basta ver el tamaño de los textos que se recomiendan usualmente, por ejemplo Chang (2000). Nuestra propia experiencia de los últimos años, nos muestra que los alumnos que ingresan a nuestra universidad, tienen mayores dificultades en el uso del razonamiento abstracto que pueden ser causas de la baja en el rendimiento y aumento de la deserción que estamos observando. A esto se le suma el menor contacto que han tenido con la química en sus estudios previos, luego de los cambios que se produjeron en los contenidos durante la reforma educativa en la década de los noventa.

La aceptada secuencia constructivista en el aprendizaje de las ciencias fácticas, a la cual adherimos, se implementa en lo que llamamos "Curso de Investigación Guiada" (Karplus, 1977; Kolb, 1984) que abarca las etapas que se indican a continuación:

Etapas 1: Exploración

Corresponde a la experimentación del fenómeno, donde el alumno genera su propio conocimiento bajo la guía del docente.

Etapas 2: Invención o idea

Con la introducción del lenguaje adecuado por parte del docente, el alumno debe ser capaz de explicitar la nueva idea.

Etapas 3: Expansión de la idea

Con la realización de nuevas experiencias, audiovisuales o la guía del profesor, el alumno expande y estabiliza sus conocimientos. También pueden resolverse problemas, contestar preguntas o leer bibliografía sobre el tema.

Etapas 4: Ejercitación

Una vez completado el desarrollo del tema, es necesaria la ejercitación mediante preguntas y problemas, enfatizando en las actividades de tipo conceptual y no en aquellas que sólo requirieran la memorización y directa aplicación de alguna fórmula.

Muchos de los cursos que se dictan en las universidades, son los que llamamos tradicionales, donde en parte se invierte la secuencia, para quedar estructurados así: informar (clase teórica), verificar (laboratorio) y practicar (problemas), que contribuyen menos al desarrollo de las habilidades del pensamiento lógico en los estudiantes, como han mostrado estudios realizados por varios autores (Schneider, 1980; Bodner, 1986). Esto se nota claramente en las dificultades que presentan muchos alumnos en la resolución de situaciones problemáticas y de toma de decisiones, última etapa del proceso de enseñanza-aprendizaje en un dado tema.

Renner (1984), discute la tendencia que tienen muchos docentes, que dicen adherir a una concepción constructivista de la enseñanza-aprendizaje y sin embargo, en sus cursos, utilizan un enfoque netamente tradicional, como el que se describió en el párrafo anterior.

Los argumentos expresados al comienzo de esta presentación, sin duda contribuyen a dificultar los pasos del proceso de la investigación guiada en el desarrollo de los cursos. La etapa exploratoria, si bien puede simplificarse en el tipo de materiales y situaciones a utilizar, requiere un tiempo, que de acortarse, dificulta el nivel de comprensión de los conceptos por parte del alumno. Hay un cierto consenso de estructurar esta materia como una unidad y no como compartimientos estancos donde muchas veces existe una escasa vinculación entre trabajos prácticos y aspectos teóricos, como es manifestado por buena parte del alumnado. Cuando se trata de un curso de tipo investigación guiada, una vez realizada la parte exploratoria y de invención en el trabajo de laboratorio, llega el proceso de expansión, que en buena parte se realiza en lo que llamamos clase teórica. El alumno, que viene de tener una activa participación en la parte práctica exploratoria, muchas veces siente como que la clase teórica es una mera exposición de verdades desarrolladas por una autoridad, en este caso el profesor, y donde él tiene escasa o nula participación. El uso de simulaciones podría zanjar, en parte, estas dificultades.

En otras presentaciones se ha discutido la utilidad de las simulaciones como complemento o reemplazo de parte de las actividades prácticas que realiza el alumno en el laboratorio (Baggio, 2009a; Paivay y da Costa, 2010). Ahora vemos su posible inserción en la clase teórica. En nuestras universidades, esta actividad es generalmente desarrollada por una persona diferente a quién dirige la actividad práctica. La inclusión de la simulación contribuiría a mantener la secuencia explorar, inventar, expandir

dentro de ciertos límites adecuados a los tiempos y contribuiría a que el alumno visualice, con mayor facilidad, la buscada interrelación práctica-teórica.

En la mayoría de los capítulos que se desarrollan en un curso de Química General, aparecen muchos conceptos que claramente pueden ser experimentados en el laboratorio y que facilitarían la comprensión de los mismos. Sin embargo sabemos que esto está limitado por los tiempos y los recursos. En cada uno de los capítulos que se desarrollan teóricamente, se discuten varios temas que no han sido experimentados o sea que no han aparecido como el resultado de experiencias concretas. Nuestras universidades no tienen en general, las facilidades para realizar demostraciones “*en vivo*” en las clases donde concurre un elevado número de alumnos. Con esta dificultad en mente y considerando la importancia de experimentar antes de abordar desarrollos teóricos, muchas veces abstractos, es que proponemos la utilización de simulaciones. Si bien éstas carecen del impacto y por supuesto del realismo de un experimento “*en vivo*”, permiten además de visualizar los aspectos cualitativos, cuantificar los fenómenos que pueden ser el punto de arranque o disparador para que el docente comience a desarrollar una nueva idea o expandirla.

Es evidente que resultaría laborioso y consumidor de tiempo simular absolutamente todo lo que se enseña, pero se podría poner el énfasis en aquellos puntos que son los disparadores de los temas más complejos o que resulten fundamentales para lograr hilvanar mejor los contenidos de la materia.

Si bien los contenidos que se enseñan en esta asignatura en las distintas universidades

di feren dependiendo de las carreras, los contenidos mínimos son generalmente semejantes y las diferencias se manifiestan en la profundidad con que se aborda cada tema. En nuestro caso particular, se trata de una química general para la licenciatura en Ciencias Biológicas (Baggio y col., 2010), donde entre otros se desarrolla el tema de gases, que es el que se ejemplifica en esta presentación.

Teniendo en cuenta esos contenidos mínimos, se han desarrollado (y se continúa en esta tarea) un conjunto de programas de simulación que cubren buena parte de ellos, varios de los cuales ya han sido descritos (Baggio, 2009a).

DESARROLLO

A modo de ejemplo, se mostrará cómo podría estructurarse una de las unidades, en este caso la referida a gases, utilizando las simulaciones desarrolladas disponibles sobre el tema como elemento vinculante con la actividad práctica. Antes de concurrir a la clase teórico-práctica que se propondrá, el alumno debería haber experimentado en el laboratorio aspectos generales cualitativos sobre los gases. A continuación se muestra, a modo de ejemplo, la guía de la actividad que utilizamos en nuestro curso, la cual se desarrolla en un módulo de unas 3 horas, que incluye la puesta en común que se realiza con el docente.

GASES: PROPIEDADES

Ud. ha obtenido una clasificación de los sistemas materiales y de las transformaciones posibles en esos sistemas. Con el presente trabajo se introducirá en el estudio de uno de los estados de agregación de la materia: el estado GASEOSO.

1) COMPRESIBILIDAD DE GASES Y LIQUIDOS

Materiales: Jeringa plástica(1), Llave de 3 vías (1)

Ensaye la distinta compresibilidad de gases y líquidos introduciendo primero aire y luego agua corriente en la jeringa (en este caso expulse el excedente de aire). En ambos casos tape el extremo de la jeringa utilizando la llave o bien el dedo, luego intente comprimir ejerciendo fuerza con el émbolo. (En el caso de utilizar la llave sostenga para que no sea despedida). Compare ambas experiencias, registre y discuta lo observado.

2) PRESIÓN DE LOS FLUÍDOS

i) Materiales: Jeringa de 30 ml (1), Jeringa de 5 ml (1), Llave de tres vías (1)

Tome un volumen de agua con ambas jeringas y expulse el aire excedente. Conecte las jeringas por medio de la llave de paso y dispóngala de modo que solo quede abierta la conexión entre las jeringas. Aplique simultáneamente a ambos émbolos la misma fuerza y experimente si es que alguno de ellos es más propenso a deslizarse. Repita la misma operación pero esta vez con aire encerrado. Relacione con

lo visto precedentemente en la parte I

¿Qué puede decir acerca de los sólidos? Diseñe una experiencia sencilla que permita comparar el comportamiento de estos cuando se los somete a la acción de una fuerza. Registre y discuta lo observado. ¿Qué concluye?

ii) Materiales: Botella de agua mineral descartable de 500 cm³ con tapa (1), Tubo de hemólisis (1)
Llene la botella con agua al ras. Luego llene con agua el tubo de hemólisis un poco más allá de la mitad del volumen e introdúzcalo invertido (tapando con un dedo la boca del mismo) dentro de la botella. Verifique que al introducirlo este no se hunda ni sobresalga del nivel de la botella. Si así sucediera quítele o agréguele agua, respectivamente y repita hasta lograr que se estabilice. Tape y presione la botella hasta observar un cambio en el seno del líquido. Trate de explicar lo observado.

Indague en los textos acerca del funcionamiento de la vejiga natatoria de los peces teleósteos y relacione con lo visto en este punto.

3) RELACIÓN PRESIÓN-VOLUMEN

i) Materiales: Vaso de precipitados de 250 ml (2), Bolsas de polietileno de 10 cm de boca (2), Tela adhesiva

Introduzca completamente una de las bolsas en uno de los vasos, dejando un pequeño borde por fuera para poder adherirla a este con ayuda de la cinta. Hágalo de tal manera que no pueda escapar ni ingresar aire. Adhiera la segunda bolsa al borde del frasco restante del mismo modo que en el caso anterior, pero sin introducirla, es decir por encima de este. Verifique las mismas condiciones que en el punto precedente.

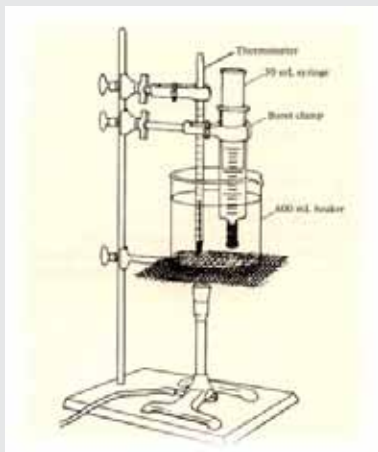
Sin arrancarlas, intente quitar la bolsa que está dentro del frasco e introducir la que está por fuera.

¿Tuvo éxito? ¿Por qué? Trate de explicar sucintamente sus observaciones.

4) RELACION VOLUMEN TEMPERATURA

Materiales: Jeringa de 30 ml (1), Soporte universal (1), Pinza y nuez (2), Termómetro (1), Vaso de precipitados de 250 ml (1)

Concurra al laboratorio provisto con el siguiente material desde su hogar: Tome una jeringa de 30 cm³ y



lubrique su interior con vaselina líquida o algún lubricante común.

Tome luego un volumen de aire de 15 cm³ y selle el extremo con algún pegamento siliconado (Fastix® o similar)

Una vez en el laboratorio arme un dispositivo como se indica.

Registre la temperatura y controle el volumen nuevamente.

Caliente el agua y espere a que el émbolo se estabilice, registre tanto el volumen como la temperatura alcanzada.

Modifique la temperatura del baño cambiando por agua fría y repita los registros para esta situación. ¿Qué puede inferir acerca de la dependencia del volumen de gas encerrado al variar la temperatura?

Una vez realizado el laboratorio, dentro de lo que es el esquema de la investigación guiada, los alumnos concurren a la primera clase teórica sobre el tema. En lo que sigue se hará un bosquejo de cómo podría organizarse la clase que se propone.

Los alumnos traen ya algunos conceptos previos sobre los gases que provienen de sus experiencias de la vida cotidiana y los adquiridos en el trabajo de laboratorio. Estos son, algunos aspectos macroscópicos de los estados de agregación la materia, por ejemplo, los gases son compresibles, los líquidos no; un gas debe mantenerse en un recipiente cerrado; el volumen de un gas aumenta al calentarlo, y otros. Algunos conceptos se han adquirido en el trabajo de laboratorio, a nivel semicuantitativo (por ejemplo, el volumen de una gas aumenta al aumentar la temperatura).

Si bien de acuerdo con la visión de cada docente, se presentan variaciones en el orden en que se dan algunos de los temas dentro del capítulo de gases, la que se propone en este trabajo, con el objeto de hacer un aprovechamiento de las simulaciones desarrolladas, no difiere demasiado de lo que sería una secuencia estándar. Las simulaciones que se utilizan son cuatro: a) Presión atmosférica y experiencia de Torricelli. b) Leyes de los gases. c) Ley de Graham. d) Gases reales. Y un programa de cálculo para la ecuación de van der Waals. Si bien en lo que sigue se supone que el docente da su clase a través de una presentación PowerPoint, esto no es estrictamente necesario. Si dispone de un proyector y una computadora, puede acceder a los programas por la vía convencional.

Luego de una introducción donde se des-

criben algunos aspectos macroscópicos del estado gaseoso, que el alumno generalmente trae de sus conocimientos previos, se les plantea que variables macroscópicas definen el estado de una masa de gas. A esta altura aparece necesariamente el tema de la presión atmosférica. Si bien esta expresión es escuchada a diario en noticieros de radio, televisión, etc., muchos alumnos no tienen una clara idea de lo que es. Por eso, el docente comienza con una simulación de la experiencia de Torricelli. El utilitario PowerPoint tiene la facilidad de ejecutar un programa pinchando directamente sobre un botón que se coloca en la diapositiva y que permite, al cerrar el programa, volver a la diapositiva desde donde se partió. Esta simulación, muestra la experiencia del tubo con mercurio que luego se repite, pero lleno con agua, lo que crea un desequilibrio en las ideas del alumno, al ver que usando un tubo de unos 100cm de largo, distintos líquidos tienen un comportamiento diferente. Ante la pregunta de “¿por qué sucede esto?”, pocos alumnos son capaces de responder correctamente en un tiempo prudencial.

Finalmente, se conecta una bomba de vacío a un largo tubo, uno de cuyos extremos está sumergido en un reservorio de agua. El alumno observa que al entrar en funcionamiento la bomba, el agua comienza a subir, aunque llega un momento en el cual deja de hacerlo, por más que la bomba siga funcionando (la primera parte se asocia a lo que sucede con una bombilla, cuando se toma mate). Finalmente se pide al alumno que explique el fenómeno y calcule, en metros, la altura a la cual llegaría el agua. El dato se le debe dar al programa, que juzga si es correcto o no, dentro de un adecuado límite de error, por lo que se deberían consensuar los resultados pro-

puestos. La secuencia de imágenes, iniciales y finales, de la simulación de Torricelli se muestran en la Figura 1.

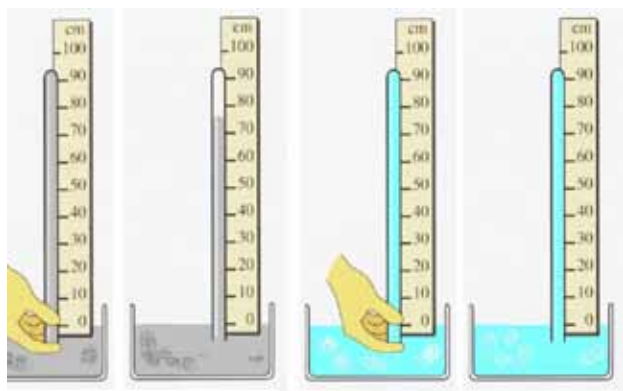


Figura 1: Experiencia de Torricelli utilizando mercurio y agua en el tubo.

En la Figura 2, se muestran las imágenes de la bomba de vacío actuando sobre un largo tubo sumergido en un reservorio de agua.



Figura 2: Efecto de hacer vacío en un largo tubo sumergido en un reservorio de agua. Se muestra la altura máxima alcanzada por el agua.

En todo momento el docente debe alentar la participación de los alumnos frente a los desafíos planteados. Después de analizar físicamente las fuerzas que actúan en el barómetro de mercurio y describir los distintos tipos de barómetros que pueden utilizarse (rama abierta, cerra-

da, etc.), se ejecuta la simulación “Leyes de los gases”, para encontrar relaciones cuantitativas entre el volumen de un gas con la presión, temperatura y cantidad de material. Cuando el docente ejecuta esta simulación, que permite medir el volumen de una dada masa de gas a distintas presiones y temperaturas, debería guiar a los alumnos en la elección de los valores a utilizar. Esto redundaría en un mayor aprovechamiento del tiempo, ya que el profesor puede tener las gráficas preparadas en una diapositiva y de esa manera comenzar, luego del tiempo que se les da a los alumnos para hacer gráficos aproximados en sus cuadernos, la discusión y obtención de leyes empíricas involucradas. La Figura 3 muestra el aspecto que tiene el aparato utilizado para hacer las mediciones mencionadas.

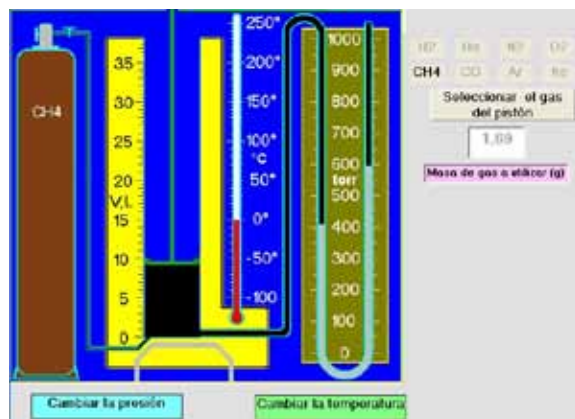


Figura 3: Aparato utilizado para estudiar la dependencia del volumen de un gas con la presión, temperatura y cantidad de material, para algunos gases.

A modo de ejemplo, en la Tabla 1 se muestran valores de volúmenes obtenidos para dos masas diferentes de metano, variando la presión y manteniendo constante la temperatura. Estos resultados ya están en poder del docente, que los utiliza para iniciar la discusión. Las diferencias

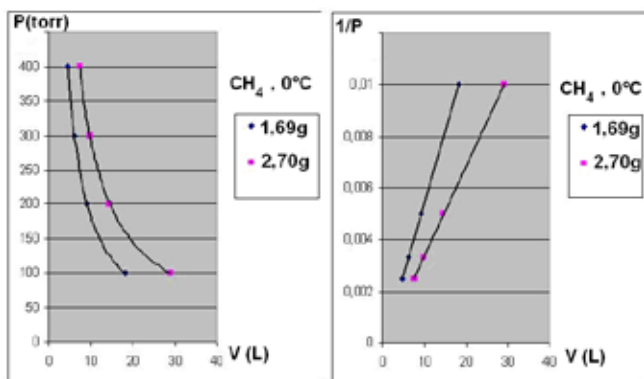
con los valores leídos por los alumnos en la proyección, se atribuyen a errores experimentales.

Tabla 1: Volúmenes obtenidos a distintas presiones, para diferentes masas de gas, utilizando el aparato de la figura 1.

CH ₄ : 1,69g ; t = 0°C		CH ₄ : 2,70g ; t = 0°C	
V(L)	P(torr)	V(L)	P(torr)
18,2	100	29,0	100
9,2	200	14,55	200
6,15	300	9,85	300
4,7	400	7,45	400

Se muestran las 2 curvas y se plantea a los alumnos de que manera, a través de algún cambio de variable, se pueden obtener rectas, actividad para la cual se destinan algunos minutos. Finalmente, el docente muestra el resultado por él obtenido a través de los gráficos correspondientes. Se obtiene así, la relación de la ley de Boyle: $V \times P = k$ (cantidad de material, temperatura). En la Figura 4 se muestran curvas obtenidas con los resultados de la Tabla 1.

Figura 4: Curvas que relacionan las variables de la tabla 1.



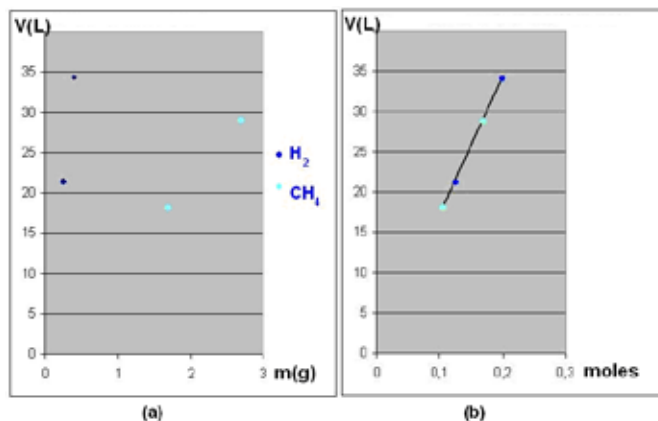
Se repiten experiencias (Tabla 2), pero utilizando ahora distintas masas de otro gas, por ejemplo hidrógeno, a la misma temperatura y aplicando las mismas presiones.

Tabla 2: Volúmenes de hidrógeno a diferentes presiones.

H ₂ : 0,25g ; t = 0°C		H ₂ : 0,40g ; t = 0°C	
V(L)	P(torr)	V(L)	P(torr)
21,45	100	34,45	100
10,8	200	17,3	200
7,35	300	11,6	300
5,5	400	8,7	400

Una vez tabulados los datos, se pide a los alumnos que grafquen en sus cuadernos el volumen ocupado por ambos gases en función de la masa utilizada a una determinada presión, por ejemplo 100 torr. La gráfica obtenida es una dispersión de puntos, que en realidad son distintas rectas que pasan por el origen (Figura 5).

Figura 5: Volumen de un gas en función de la masa (a) y en función del número de moles (b), a presión y temperatura constantes.



Se los alienta a que encuentren una forma de representación que unifique ambas rectas, en una sola. Esto lo logran cuando descubren (muchas veces con la activa participación del docente) que la cantidad de materia es conveniente expresarla como cantidad de partículas presentes (número de moles) para obtener una ecuación común. Es conveniente mostrar los gráficos 5a y 5b, secuencialmente, una vez descubierta la relación. Se obtiene de esta manera la relación de la ley de Avogadro:

$$V = n \times k \text{ (presión, temperatura)}$$

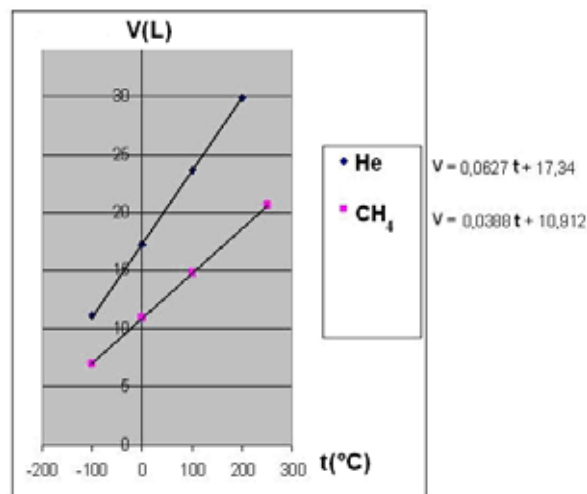
En la última experiencia con el programa, estudian el volumen ocupado por ciertas masas de dos gases diferentes, a temperaturas que van desde -100 a $+250^\circ\text{C}$. En la Tabla 3 se muestran resultados obtenidos en las condiciones que se indican en la cabecera de las columnas.

Tabla 3: Volúmenes de gases en función de la temperatura, manteniendo constante las otras variables en cada experiencia.

He : 0,40g ; P=100torr		CH ₄ : 1,00g ; P=100torr	
V(L)	t (°C)	V(L)	t (°C)
11,1	-100	7,0	-100
17,3	0	10,95	0
23,6	100	14,8	100
29,9	200	20,6	250

Se sugiere graficar los datos registrados (Figura 6), volumen en función de la $t(^{\circ}\text{C})$ y se pide a los alumnos que expliquen el significado de las rectas, especialmente cuando se extrapolan a Volumen=0.

Figura 6: Gráficas del volumen en función de la temperatura. Se muestran las ecuaciones de las rectas obtenidas usando el utilitario Excel.



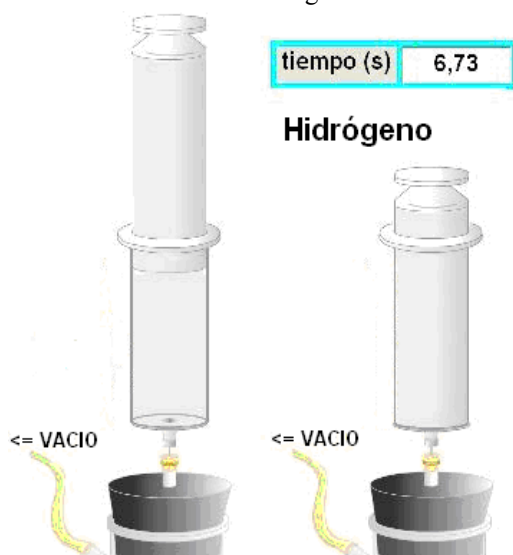
Los valores obtenidos con los datos tabulados por el docente son, para el cero absoluto: $-276,5$ y $-281,2^\circ\text{C}$., que fueron obtenidos a partir de las ecuaciones de las rectas que da la planilla de cálculo. Aquí el docente menciona, el valor aceptado de $-273,15^\circ\text{C}$ y la definición de una nueva escala de temperaturas (absolutas): $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15^\circ\text{C}$, que hace que el volumen de un gas y la temperatura absoluta, medida en Kelvin, sean directamente proporcionales. De esa manera se llega a la ley de Charles- Gay Lussac:

$$V = T \times k \text{ (presión, cantidad de material)}$$

En este momento es conveniente que el docente continúe con el desarrollo, relacionando las leyes empíricas parciales obtenidas, y llegando así a la ley general de los gases con lo cual defina lo que es un gas ideal. En este punto, se menciona al alumno que hubo una serie de hechos experimentales (varios de los cuales ya se simularon) que desembocaron en la elaboración de un modelo para el estado gaseoso, llamado teoría Cinética de los Gases. Otras de las experiencias relevantes

que ayudaron al desarrollo de la teoría, fueron las leyes de la difusión y efusión de Graham. A continuación se ejecuta la simulación “Ley de Graham” y se muestra una imagen del aparato (Figura 7), que permite medir el tiempo de efusión de varios gases, por un pequeño orificio.

Figura 7: Aparato utilizado para estudiar la efusión de un gas.



Se trabaja con los 5 gases permitidos, midiendo los tiempos de efusión a las dos temperaturas que se indican: T_a y $T_b = 1,2 \times T_a$. En la Tabla 4 se muestran resultados típicos, obtenidos con el programa.

Tabla 4: Tiempos de efusión, para volúmenes iguales de distintos gases, a dos temperaturas diferentes.

Sustancia	Tiempo de efusión(s) a T_a	Tiempo de efusión(s) a T_b
H ₂	6,75	6,13
Ar	30,25	27,36
Ne	21,16	19,32
CO ₂	31,42	28,41
HI	53,75	49,05

Se sugiere ahora a los alumnos que traten de encontrar alguna relación entre los tiempos y las características de los gases. Hay que tratar que el alumno visualice la relación inversa que hay entre tiempo y velocidad de efusión. Se debería llegar a la constancia de la energía cinética media, la cual debería vincularse con la temperatura, cuando se experimenta a dos valores diferentes. Las energías cinéticas calculadas son proporcionales a 0,0445 y 0,054, respectivamente, haciendo el cálculo dividiendo masa molar/tiempo². El cociente de ambos números es 1,2 lo que sugiere la proporcionalidad directa con T (K).

En este momento el docente debe enunciar los postulados de la Teoría Cinética y dependiendo del tipo de curso se puede hacer el desarrollo físico matemático o simplemente dar el resultado al cual se llega, donde se vincula la proporcionalidad directa entre energía cinética media y temperatura. En nuestra presentación PowerPoint este desarrollo está como diapositivas ocultas, ya que en nuestro curso damos directamente los resultados obtenidos, pero la deducción está disponible para quién quiera utilizarla.

Luego de mostrar curvas de velocidades medias en función de las masas de las moléculas y de la temperatura, el docente menciona la difusión, aplicaciones en separación de isótopos, llegando finalmente al tema de las presiones parciales.

Llegada a esta etapa, nuestros alumnos realizan un segundo trabajo práctico, donde se mide el volumen que ocupa un mol de hidrógeno en CNPT, a través de la experiencia de la reacción entre el magnesio y el ácido clorhídrico (Malm, 1981). Se sugiere en este punto mostrar una diapositiva con volúmenes molares de diferentes gases y allí se ve que no todos tienen el valor de 22,4L. Luego de este punto surge la

pregunta: ¿hasta dónde los gases de la naturaleza cumplen con la ley general? En la continuación de la clase teórica, se introduce el concepto de coeficiente de compresibilidad (z) como herramienta para responder la pregunta anterior.

Se ejecuta la simulación “Gases reales”, con la cual se puede ir completando una tabla, como la Tabla 5, donde V_1 es el volumen de n moles de gas a $P= 1\text{ atm}$ y temperatura igual a la elegida.

Tabla 5: Planilla para completar con los resultados obtenidos de la simulación “Gases reales”

Gas	T(°)	V1	P	V

Los alumnos deberían inferir de los datos que a altas presiones, la desviación al comportamiento ideal es evidente. Por los datos que se manejan en la simulación no hay temperaturas muy cercanas a la de licuefacción de los gases, por lo que la dependencia de la no idealidad con la temperatura no es tan evidente y debería ser desarrollada fundamentalmente por el docente.

Luego de mostrar curvas de coeficiente de compresibilidad en función de presión para varias sustancias, se describen cuales son las causales de la no idealidad, haciendo hincapié en las interacciones intermoleculares y el volumen no nulo de las moléculas. Se introduce la ecuación de van der Waals y ejecutando el programa de cálculo que lleva su nombre se pueden determinar volúmenes ideales y los calculados con la ecuación para distintas condiciones. Estos valores también pueden relacionarse con los obtenidos para el volumen en la simulación anterior.

Los detalles y alcances de cada uno de los programas de simulación utilizados tienen su

respectiva guía para el docente, que lo orienta en como ejecutar las experiencias, el origen de los datos que se utilizan y sus limitaciones.

CONCLUSIONES

Lo descripto anteriormente es una propuesta que tiende a mejorar la vinculación entre las actividades práctica de laboratorio y la llamada clase teórica. Se pretende que el alumno vaya adquiriendo un rol cada vez más participativo en las mismas a través de la ejecución de simulaciones cuantitativas y que le permitan, con la ayuda del docente encontrar las leyes empíricas que de esa manera no aparecen como algo totalmente abstracto sino como una consecuencia de hechos experimentales, aunque en este caso sean simulados.

La aplicación en el caso particular del tema gases, muestra cómo se pueden ir introduciendo, en tiempos adecuados, actividades que hagan que el alumno mantenga el interés de la clase y se sienta partícipe de su desarrollo. La existencia de más de una treintena de simulaciones desarrolladas por el autor y otras muchas que se encuentran disponibles en la Web, permitirían expandir lo que aquí se propone a otros temas de la asignatura química general, adaptándolas al enfoque que cada docente le da. Los requerimientos técnicos para su implementación no son excesivos, ya que con una PC y un proyector, puede participar toda la clase. Actualmente, estos materiales están disponibles en las universidades y también en la mayoría de las escuelas. En una próxima presentación se planea ejemplificar el rol que pueden jugar las simulaciones en la última etapa del proceso de investigación guiada, cual es la resolución de problemas. Con la elabo-

ración de las guías de problemas digitales (Baggio, 2009b) que están siendo desarrolladas, con un uso frecuente de simulaciones, se busca completar la unidad teórico-práctica buscada, incorporando también esta última etapa del proceso de enseñanza-aprendizaje, que claramente es la que más dificultades les presentan a los alumnos.

La presentación PowerPoint completa con los programas utilizados que se mencionan en este trabajo, se encuentran disponibles, sin cargo, a quién lo solicite al autor a baggiosergio@yahoo.com.ar. La guía de laboratorio que se presenta en este trabajo fue elaborada y puesta a punto por el Sr. Santiago Ameghino, docente auxiliar de la cátedra.

REFERENCIAS

- Baggio, S.** (2009a). Simulaciones en un curso de química básica, como complemento de las actividades de aula y laboratorio, con un enfoque de investigación guiada. *Educación en la Química*, 15(1), 41-53.
- Baggio, S.** (2009b). La computadora y las simulaciones ¿desplazaron al lápiz y el papel? *4ª JUCEN Educación de la Ciencia y la Tecnología*, Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca.
- Baggio, S.; Harvey, M. ; Díaz de Vivar, E.; Jones, N. ; Klaich, J. ; Amoroso, R. ; Ameghino, S. y Avaro, M.**(2010). Complementos informáticos en un curso básico de Química General. *VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales Enseñanza Universitaria de la Química*. FBCB UNL, Santa Fe, Santa Fe.
- Bodner, G.M.** (1986). Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-877.
- Chang, R.** (2000). *Química 6ta Edición*. McGraw-Hill, México.
- Karplus, R.** (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*. 14(2), 169-175.
- Kolb D.A.** (1984). *Experiential Learning experience as a source of learning and development*. Prentice Hall, New Jersey.
- Paiva, J.C. y da Costa, L.A.** (2010). Exploration guides as a strategy to improve the effectiveness of educational software in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 87(6), 589-591.
- Malm, L.E.** (Editor) (1981). *Química, una ciencia experimental: manual de laboratorio*, Editorial Reverté, Barcelona.
- Renner, J.W.**(1984). Two theories of learning: In one we believe, the other we use. *ChemTech*, August: 462-467.
- Schneider, L. S. y Renner, J.W.**(1980). Concrete and Formal Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(6), 503-517.

De interés

EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2010

El Premio Nobel de Química 2010 premia a tres investigadores que compartirán el galardón tras haber desarrollado por separado tres reacciones químicas distintas que utilizan catalizadores de paladio para crear enlaces carbono-carbono mediante enlaces cruzados.



Akira Suzuki, Ei-ichi Negishi y Richard F. Heck en la Aula Magna, Universidad de Estocolmo, 8 de Diciembre 2010.



Richard F. Heck, ciudadano estadounidense. Nacido en 1931 en Springfield, MA, EE.UU., Ph.D. 1954 de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), California, EE.UU. Profesor emérito de la Universidad de Delaware en Newark, DE, EE.UU.



Ei-ichi Negishi, ciudadano japonés. Nacido en 1935 en Changchun, China. Ph.D. 1963 de la Universidad de Pennsylvania, Filadelfia, PA, EE.UU. Profesor Distinguido de Química de la Universidad de Purdue, West Lafayette, IN, EE.UU.



Akira Suzuki, ciudadano japonés. Nacido en 1930 en Mukawa, Japón. Ph.D. 1959 y Profesor Distinguido Emérito, ambos en la Universidad de Hokkaido, Sapporo, Japón.

Los tres científicos lograron el desarrollo de esta importante herramienta química y la posibilidad de utilizarla en la actualidad. Heck pasó a ser conocido por la reacción Heck, Suzuki aportó la reacción Suzuki y Negishi el conocidísimo acoplamiento Negishi.

Los enlaces carbono-carbono son la base de la química de la vida misma, y su importancia para los químicos está bien ilustrada por el hecho de que el tema ha sido recompensado con un total de cinco premios Nobel. Los cuatro anteriores son: la reacción de Grignard (1912), la reacción de Diels-Alder (1950), la reacción de Wittig (1979), y la metátesis de olefinas (2005).

La naturaleza ofrece innumerables sustancias potencialmente benéficas para el hombre, pero hay un problema: los organismos las producen en cantidades ínfimas, que hacen imposible su uso en gran escala. Cuando los químicos quieren crear grandes moléculas como las ofrecidas por la naturaleza deben construirlas en varios pasos. Anteriormente, los químicos tenían que poner en marcha la reacción química entre dos átomos de carbono a partir de sustancias reactivas. Estas sustancias hacen su trabajo, pero a menudo también el carbono reacciona con átomos de otro tipo que conducen a la creación de subproductos no deseados. Este es el problema que se presentaba, por ejemplo, con el método propuesto por Grignard, el Premio Nobel de Química 1912. La construcción molecular de acoplamiento de átomos de carbono en el método de Grignard ha sido muy importante en la química. Pero cuando se trata de crear moléculas grandes y complejas, el método tiene sus limitaciones. El átomo de carbono en la reacción del reactivo de Grignard no se comporta de manera totalmente predecible. Cuando el reactivo tiene varios átomos de carbono diferentes que pueden reaccionar, aparecen demasiados subproductos no deseados creados en la reacción. El acoplamiento cruzado catalizado por paladio resuelve este problema y proporciona precisión en el proceso.

El paladio como catalizador comenzó a despertar interés durante la década de 1950. En ese momento, una empresa química alemana Wacker Chemie AG, comenzó a utilizar el paladio para transformar etileno a acetaldehído.

Heck trabajaba para una compañía química estadounidense en Delaware, y como la industria química tenía cada vez más interés por el éxito del proceso comenzó a experimentar con el uso de paladio como catalizador. En 1968 publicó su exitoso trabajo en una serie de artículos científicos. Entre otras cosas, fue capaz de vincular un anillo de átomos de carbono a un fragmento corto de carbono con el fin de obtener estireno, un componente importante en el poliestireno. Cuatro años más tarde había desarrollado aún más su reacción y hoy la así llamada reacción de Heck, es una de las más importantes herramientas para la creación de enlaces simples entre los átomos de carbono. Es, por ejemplo, utilizada en la producción a gran escala del naproxeno, una droga anti-inflamatoria, así como para producir una sustancia usada en la industria electrónica.

En 1977, Ei-ichi Negishi desarrolló una variante del reactivo de Grignard, cuando sustituyó el magnesio por el zinc. El carbono se vuelve menos reactivo al usar el zinc, pero el átomo de zinc transfiere el átomo de carbono al átomo de paladio. Cuando el átomo de carbono, posteriormente se encuentra con otro átomo de carbono en el átomo de paladio, son propensos a unirse. Dos años después, Akira Suzuki utilizó el elemento boro. Es el más leve activador hasta el momento y es mucho menos tóxico que el zinc, que es una ventaja cuando se trata de aplicaciones a gran escala. Por ejemplo, la reacción de Suzuki se utiliza en la síntesis comercial (miles de toneladas) de una sustancia que protege a los cultivos agrícolas.

La reacción de Heck, la reacción de Negishi y la reacción de Suzuki son de considerable importancia para los químicos, en particular como herramientas importantes en la búsqueda de nuevos medicamentos. Hoy en día, los científicos de todo el mundo utilizan los océanos como una enorme farmacia. Se han aislado miles de sustancias procedentes de los organismos vivos en el mar, y estas sustancias han inspirado a seguir el progreso científico. Desde luego, no es posible el desarrollo de medicamentos basados en sustancias que se encuentran sólo en pequeñas cantidades en las profundidades del mar. Pero los tres científicos galardonados descubrieron como replicar la estructura de esas moléculas en el laboratorio y la industria en forma sencilla y precisa. La reacción de acoplamiento cruzado catalizado por paladio es única ya que es posible llevarla a cabo bajo condiciones manejables y con una precisión muy alta.

Uno de los ejemplos espectaculares de su utilización fue la síntesis de palytoxin. Se trata de un veneno natural que fue aislado por primera vez de un coral en Hawái en 1971. Esta sustancia consta de 129 átomos de carbono, 223 átomos de hidrógeno, tres átomos de nitrógeno, y 54 átomos de oxígeno. En 1994, los científicos lograron volver a crear esta molécula enorme, en parte con la ayuda de la reacción de acoplamiento cruzado catalizada por paladio.

La reacción de acoplamiento cruzado catalizado por paladio aún está en desarrollo, a pesar de que ya tiene más de 40 años desde que Richard Heck primero comenzó a experimentar en su laboratorio de Delaware. Los descubrimientos de Richard Heck, Negishi Ei-ichi y Suzuki Akira, son ya de gran importancia para la humanidad, pero no se terminan los progresos pues sus reacciones son de vital importancia para la creación de productos químicos cada vez más complejos. Con las investigaciones que en la actualidad se están realizando en laboratorios de todo el mundo, sus reacciones pueden llegar a ser aún más importante en el futuro de la humanidad.

Estela Zamudio

*Basado en informaciones publicadas
por la Nobel Prize Org*

Informaciones y novedades

DOCTORADO EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS EXPERIMENTALES

Carrera Compartida entre la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas y la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad Nacional del Litoral

Agradecemos al Prof. Dr Héctor Odetti por la información suministrada

La actual internacionalización de la Educación en Ciencias Experimentales hace que ella adquiera, dentro de su especificidad, patrones comunes que son posibles de identificar en lugares del mundo que hasta hace poco tiempo se consideraban distantes y ajenos.

La Universidad Nacional del Litoral no está exenta de estos condicionantes generales y responde, desde diferentes enfoques, a los requerimientos de nuevas demandas de saber. Los sistemas educativos deben enfrentar el desafío, ya no sólo de retener a sus alumnos sino además de garantizar la capacidad de los mismos para utilizar los conocimientos adquiridos en escenarios y mercados laborales cambiantes. Este requerimiento de nuevos saberes –que resulta evidente– supone, sin embargo, una caracterización de dicha demanda como del significado y las implicancias de las respuestas que para ella se conciben.

Es así que muchas Universidades Europeas se han abocado a implementar Terceros Ciclos con especificidad en Didáctica de las Ciencias Experimentales, o bien de Educación en Ciencias, con el propósito de modificar, a través de la formación doctoral de máximo nivel, estructuras consideradas actualmente obsoletas. Las nuevas demandas remiten a preguntas acerca de: ¿en qué consiste una educación relevante?, ¿cómo organizar el saber?, ¿qué enseñar cuando la cantidad de conocimientos adquiridos ha crecido enormemente y cambian permanentemente?, ¿cómo enseñar y cuáles son los métodos para aprender significativamente? Y podemos añadir: ¿qué es lo novedoso hoy?, ¿qué es lo que hace que esta preocupación sea más urgente que antes? Para responder a estas preguntas es necesario tener en cuenta controversias no saldadas con relación al status epistemológico de las Ciencias en relación con la Educación para identificar en qué marcos se formulan y en términos de qué políticas, de qué objetivos y de qué metas se responden.

Un elemento a tener especialmente en cuenta lo constituye la situación social que vive nuestro país, donde la escasez de recursos obliga a un mejor aprovechamiento de los mismos, por lo que la presencia de “Doctores en Educación en Ciencias” adquiere relevancia, sobre todo en el campo oficial y en el de las Organizaciones No Gubernamentales que permanentemente acuden en ayuda, sobre todo, de las poblaciones más expuestas.

La carrera compartida del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales entre la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas y la Facultad de Humanidades y Ciencias de la UNL viene a saldar y enmarcar las respuestas que se dan desde distintas perspectivas para bosquejar su propia proyección, no sólo en el ámbito de nuestra Universidad, sino en el país y la región en general.

Un aspecto importante que merece especial mención para la justificación de esta nueva oferta de posgrado, lo constituye la trayectoria de la “Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales” (Categoría “A” CONEAU Resolución N° 182/07) que, desde hace más de una década viene desarrollando una importante tarea

en relación a la formación de recursos humanos. Cuenta a la fecha con más de treinta egresados, reconocidos no solamente en los centros educativos de las grandes ciudades, sino también en los lugares más alejados de las mismas, donde han realizado labores pioneras en este campo y una amplia gama de cursos de formación permanente sobre temáticas diversas, pero siempre relacionadas a la Educación en Ciencias.

Las Facultades de Bioquímica y Ciencias Biológicas y de Humanidades y Ciencias, interactúan además con Escuelas e Institutos que dictan cursos de postgrado que permitirán la actualización y perfeccionamiento permanentes de sus graduados.

Por otra parte, la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas cuenta con convenios marco y específicos, entre los que puede citarse el firmado con la Universidad de Santiago de Compostela, España, que han permitido la formación de Recursos Humanos intercambio de investigadores y el dictado de cursos de posgrado en temas de Educación y/o Didáctica de las Ciencias Experimentales y su ofrecimiento a un importante número de egresados universitarios, lo que constituye un importante entramado que trasciende los límites físicos para enriquecer a alumnos y docentes/investigadores con la variedad interdisciplinaria e interinstitucional, y posibilita la adquisición de una visión más amplia de lo que una determinada disciplina puede ofrecer como campo de estudio y salida laboral. Se destaca que en la Universidad de Santiago de Compostela los cursos pertenecen al Tercer Ciclo o sea al Doctorado de la USC- España.

Para la presente Carrera se ha previsto que el dictado de cursos de los ciclos de formación básica y los de especialización se efectúe utilizando los recursos humanos y de infraestructura de que disponen las Facultades de Bioquímica y Ciencias Biológicas y de Humanidades y Ciencias. No obstante, a fin de posibilitar que el posgrado cuente con los mejores recursos humanos disponibles en el área, se pretende contar con el asesoramiento y la colaboración que puedan brindar a este Doctorado otras Facultades de la UNL, y de la región en general como por ejemplo, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, entre otras. Como consecuencia de esta interacción, se logrará un mejor aprovechamiento del capital humano de que dispone la UNL en sus estructuras de docencia e investigación, y se profundizará además la transversalidad y la articulación entre diferentes Universidades.

Desde el punto de vista geográfico, esta Carrera no es dictada actualmente en la zona de influencia de la Universidad Nacional del Litoral, por lo que los interesados deben acudir a sedes ubicadas fuera de la región, y que ofrecen una terminalidad diferente, por lo que su dictado favorecerá el acceso a este Posgrado de Profesores Universitarios, Magíster en Didácticas de las Ciencias Experimentales, Magíster en Docencia Universitaria, Magíster en Didácticas Específicas, por mencionar algunos.

PARA MÁS INFORMACION

www.fcb.unl.edu.ar ir a carreras de post-grado

Secretaría de Ciencia y Técnica
Fac. de Bioquímica y Cs. Biológicas
Universidad Nacional del Litoral
Ciudad Universitaria Paraje El Pozo cc 242
(3000) Santa Fe
TE: +54 342 4575206/209 int. 147
Fax: +54 342 4575206/209 int. 117

Informaciones y novedades

Congresos, Jornadas y Seminarios de Aquí y Allá... 2010-2011

Informe elaborado por el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, CIAEC, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.

PRÓXIMAS REUNIONES

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY NATIONAL MEETING SPRING 2011

Organizado por la American Chemical Society. Anaheim, California, 27 al 31 de Marzo de 2011.

http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_MEETINGS&node_id=86&use_sec=false&__uuid=d626bef9-f606-4a03-a38c-854299dfd0b0

14TH BIENNIAL EARLI CONFERENCE FOR RESEARCH ON LEARNING AND INSTRUCTION 2011: EDUCATION FOR A GLOBAL NETWORKED SOCIETY

Organizado por European Association for Research on Learning and Instruction y Exeter, United Kingdom, 30 de agosto a 3 de setiembre de 2011.

Fecha límite para envío de propuestas: 29 de octubre de 2010.

www.earli2011.org

ESERA 2011: SCIENCE EDUCATION RESEARCH 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE

Organizado por la European Science Education Research Association. Lyon, Francia 5 al 9 de Septiembre del 2011.

Fecha límite para el envío de trabajos: 10 de Enero de 2011, 5:00 pm (GMT)

<http://www.esera2011.fr/>

I CONGRESO INTERNACIONAL DE DOCENCIA UNIVERSITARIA. RETOS Y PERSPECTIVAS DE LA DOCENCIA EN LA UNIVERSIDAD. Vigo, España. 30 de junio, 1 y 2 de julio de 2011.

http://webs.uvigo.es/congresodocencia/index_es.htm

CIAEC - Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica

Investigamos y trabajamos para aumentar los conocimientos en las didácticas de las ciencias experimentales y apoyar su enseñanza. Entre Todos ¡SE PUEDE!

Encontranos en Facebook <http://www.facebook.com/pages/CIAEC/154815114544577>

E-mail: ciaec@ffyb.uba.ar

Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires

Junín 956, CABA, Argentina. (C1113AAD)

Pedido de aportes: Si los lectores han participado de algún evento y quieren reseñarlo o si quieren difundir alguna reunión científica, pueden escribir a asfarre@ffyb.uba.ar

En el Año Internacional de la Química, la ciudad de Buenos Aires será la sede del encuentro más importante de la República Argentina para todos los interesados en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Química. Asistirán al Encuentro destacados especialistas nacionales y extranjeros. Es una oportunidad única para compartir experiencias de aula.

No te lo podés perder ¡Te esperamos!



XV REUNIÓN DE EDUCADORES EN LA QUÍMICA

4 al 6 de Mayo de 2011

Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires.
Junín 956 (CP 1113). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina
Correo: xvreq@ffyb.uba.ar

Aprovecha la Inscripción* con Descuentos	Hasta el 30 de marzo	Desde el 1 de abril
Socios ADEQRA (APFA, ADBiA)	250	280
No socios	300	350
Estudiantes	160	190

Formas de pago

*El valor de la inscripción será en pesos para los argentinos y en dólares estadounidenses para los extranjeros

Depósito Bancario en pesos: Titular: Facultad de Farmacia y Bioquímica – Banco Patagonia – Sucursal 100, cuenta corriente en pesos N° 3933005299.

Para transferencias electrónicas: CBU: 03401008-00393300529008

Una vez efectuado el depósito, enviar comprobante por FAX al (011) 4964-8250 de 10:00 a 15:00 hs. o escaneado por e-mail a la dirección xvreq@ffyb.uba.ar, indicando en todos los casos, apellido y nombre del depositante, modalidad de inscripción (socio, no socio, estudiante) y a nombre de quién deberá emitirse la factura. En caso de ser socio, también tendrá que enviar una copia del último recibo de pago de la asociación correspondiente.

Para más información, consultar las circulares 1 y 2 de la REQ 15 en www.educacionenquimica.com.ar