

Educación en la Química

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

ISSN 0327-3504

Volumen 18
Número 2
2012

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.

Presidenta: Estela Zamudio (Filial Buenos Aires)

Vicepresidenta: Liliana Habarta (Filial Chaco)

Secretario: Luis Costa (Filial Buenos Aires)

Prosecretario: Dante O. Tegli (Filial Buenos Aires)

Tesorero: Andrés Espinoza Cara (Filia Rosario)

Protesorero: Hernán Quevedo (Filial Rosario)

1° Vocal titular: Stella Fórmica (Filial Córdoba)

2° Vocal titular: Marina Masullo (Filial Córdoba)

1° Vocal suplente: Angelina del Carmen Coronel (Filial Tucumán)

2° Vocal suplente: Ana Falcucci (Filial Tucumán)

Comisión revisora de cuentas

1° Titular: Liliana Llanes (Filial Chaco)

2° Titular: Andrés Raviolo (Filial Bariloche)

3° Titular: Adriana Rocha (Filial Olavarría)

1° Suplente: Raúl Chernicoff (Filial San Rafael)

2° Suplente: Gustavo Borro (Filial Gualeguay)

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 profundizar

LA REACCIÓN DE HIDROGENACIÓN

En recuerdo de **PAUL SABATIER**, Premio Nobel de Química **1912**

Sara N. Mendiara¹ y Luis J. Perissinotti^{1,2}

1) Universidad Nacional de Mar del Plata. 2) CIC, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Argentina
mendiara@gmail.com perissin@gmail.com

Resumen

Recordamos a Paul Sabatier ilustrando una de las tantas reacciones de hidrogenación que el lograra realizar en presencia de un catalizador metálico. Realizamos un breve análisis sobre la catálisis y continuamos con un análisis termodinámico de la reacción de hidrogenación. Es un objetivo importante de este trabajo destacar el papel que juega el cambio de entropía de la reacción en esta reacción exotérmica. Se calcularon las diferencias de entalpía, de entropía y de la energía libre de Gibbs y la constante de equilibrio para el caso particular de la hidrogenación del etileno (eteno).

Palabras claves: Sabatier, hidrogenación, catalizador, equilibrio.

The Hydrogenation Reaction

In Memory of **PAUL SABATIER**, Nobel Prize In Chemistry **1912**

Abstract

We remember Paul Sabatier illustrating one of the many reactions of hydrogenation he managed to perform in the presence of a metallic catalyst. We made a brief analysis of the catalysis and continued with a thermodynamic analysis of the hydrogenation reaction. An important objective of this work is to highlight the role played by the entropy change of the reaction in this exothermic reaction. Differences of enthalpy, entropy and Gibbs free energy and the equilibrium constant for the particular case of hydrogenation of ethylene (ethene) were calculated.

Key words: Sabatier, hydrogenation, catalyst, equilibrium.

INTRODUCCIÓN

En contraste con la piedra filosofal, el sueño de los alquimistas, los catalizadores no pueden transmutar los metales baratos en oro, pero per-

miten producir materiales valiosos. Así, una de las reacciones catalíticas más antigua es la fermentación del vino, utilizada desde aproximadamente el año 5000 a. C.

En 1836 Jöns Jacob Berzelius, un Químico

sueco clave en el desarrollo de la Química, agrupó muchas observaciones que mostraban sustancias con “una fuerza misteriosa capaz de destruir las uniones moleculares” y acuñó el término: “catálisis”.

Veamos algunas reacciones catalíticas observadas durante el siglo XIX:

- El agua oxigenada se descomponía, desprendiendo oxígeno, al adicionar polvos metálicos.
- Sir H. Davy mostró que un hilo de platino en contacto con alcohol se ponía incandescente. El platino facilitaba la reacción del alcohol con el oxígeno del aire, la cual era tan exotérmica que calentaba el platino hasta una elevada temperatura. La reacción solamente ocurría sobre el platino.

La hidrogenación de los hidrocarburos insaturados no podía lograrse. Como en las reacciones anteriores fue necesario hallar el catalizador adecuado que proporcionó un mecanismo de reacción, un camino hacia los productos.

El descubrimiento de la hidrogenación de una gran variedad de compuestos puede decirse que dio origen a la era moderna de la Química Catalítica. Este comienzo fue asociado a uno de los más brillantes representantes de la Escuela Química Francesa de comienzos del siglo XX, Paul Sabatier, el “Decano” de los Químicos Franceses, quien recibió el Premio Nobel hace justamente 100 años junto al Químico, también francés, Víctor Grignard, quien desarrolló una nueva y original vía de síntesis orgánica.

Paul Sabatier recibió el Premio Nobel por la hidrogenación de compuestos orgánicos en presencia de metales. Durante su vida (1854-1941),

tuvo el privilegio de ser testigo de la fertilidad de su descubrimiento (Taylor, 1944). Fue el autor del primer libro sobre catálisis, publicado en 1920, el cual fue la punta del iceberg de la serie de conocimientos y aplicaciones futuras sobre los catalizadores (Fuentes y Díaz, 1997).

Durante el siglo XX se descubrieron gran variedad de catalizadores para la hidrogenación. En este trabajo solamente se mencionan las catálisis de tipo heterogéneo, en las cuales los sistemas constan de una fase sólida y una fase gaseosa.

Más allá de la importancia preparativa de la reacción de hidrogenación, fueron importantes otras aplicaciones como la determinación cuantitativa del número de dobles enlaces en los hidrocarburos insaturados. También fue muy importante su empleo en la comparación de las entalpías de hidrogenación entre compuestos isómeros, puede interpretarse que las diferencias se deben a variaciones en las energías de estabilización de los isómeros, (Rogers y McLafferty, 1971).

Un objetivo importante de este trabajo fue realizar un análisis termodinámico de la reacción de hidrogenación con fines didácticos.

Se calcularon las diferencias de entalpía, de entropía, y de la energía libre de Gibbs y la constante de equilibrio para el caso particular de la hidrogenación del etileno (eteno) para dar etano. En la bibliografía se hallaron los valores estándares de la entalpía de formación y de la entropía para el etileno, hidrógeno y para el etano, todos en función de la temperatura, (Lide, 2008-2009). Lo usual es encontrar solamente los datos a 25°C.

Finalmente, se seleccionaron experiencias de la bibliografía con el objeto de mostrar distintos tipos de catalizadores y extraer comentarios sobre la base de los resultados calculados. Una de

las experiencias es la de P. Sabatier, publicada en 1897.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

LA REACCIÓN NECESITA UN CATALIZADOR

En la Figura 1 se muestra la reacción que

estudiaremos en este trabajo. La reacción de hidrogenación del etileno no sucede sin catalizador, por más que se varíe la temperatura y la presión. Sucede en presencia de determinados metales, en consecuencia la reacción tiene un impedimento cinético, una elevada energía de activación y el catalizador metálico le ofrece un camino posible de menor energía.

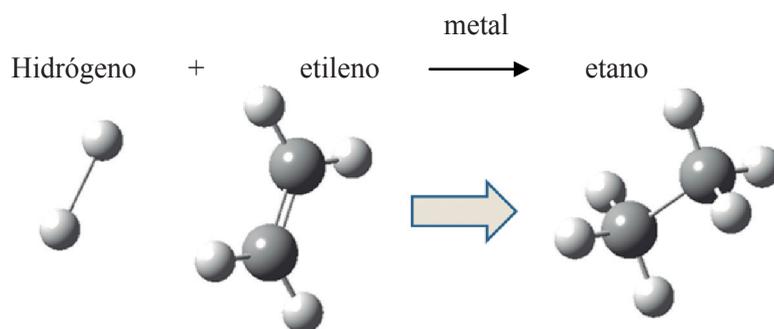


Figura 1. Representación esquemática de las moléculas de los reactivos y del producto.
La reacción no sucede sin catalizador.

Solamente ilustraremos los catalizadores metálicos. A continuación mostramos un fragmento de la Conferencia ofrecida por Paul Sabatier el 11 de diciembre de 1912.

“¿Cómo podemos explicar la hidrogenación por catálisis? Supongo que el hidrógeno actúa sobre el metal muy rápidamente produciendo un compuesto en su superficie. El hidruro así producido se disocia fácil y rápidamente, y si se coloca en presencia de sustancias capaces de usar hidrógeno se los da, regenerándose el metal, que nuevamente produce el mismo efecto y así sucesivamente.

Si esta teoría es correcta, se puede deducir que el níquel y otros metales activos (cobre, cobalto, hierro, platino) deben ser capaces no sólo de la fijación del hidrógeno libre, sino que también pueden tomar el hidrógeno a partir de

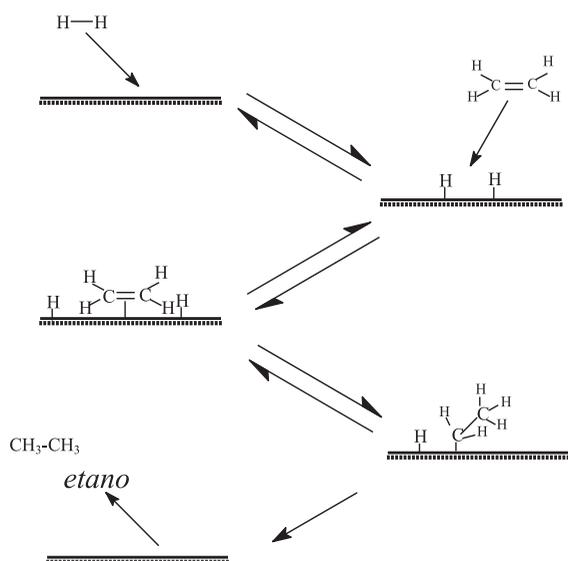
sustancias capaces de cederlo, y que en consecuencia deben también ser catalizadores de deshidrogenación.”

En 1930 Horiuti y Polanyi propusieron el primer mecanismo para la hidrogenación del etileno sobre el metal platino. La descripción mecanística de la hidrogenación permaneció algo imprecisa durante mucho tiempo, debido a que los sitios reactivos sobre la superficie metálica no podían describirse fácilmente como en los catalizadores en solución.

Es conocido que el dihidrógeno es adsorbido en la superficie del metal, debilitándose la unión entre los átomos de hidrógeno y formando uniones metal-hidrógeno. Se describieron también la posible interacción de un orbital “pi” del etileno con orbitales aceptores del metal y la formación en el caso del etileno de un intermediario etil con

una unión del tipo sigma entre el átomo de carbono y el metal. Para los alquenos sustituidos, se comprobó experimentalmente una adición “syn” preferencial, o sea el ingreso de dos átomos de hidrógeno sobre una misma cara del alqueno (Carey y Sundberg, 1990, pp 219-220).

El mecanismo fue confirmado en 1996, cuando Cremer y sus colaboradores realizaron cuidadosas experiencias en un reactor que contenía montado en su interior un monocristal de Pt (111)*, cortado, pulido y adecuadamente orientado para facilitar las mediciones. Utilizaron la espectroscopía vibracional específica de superficie. Comprobaron que el hidrógeno se disocia con quimisorción sobre la superficie limpia del platino, después sigue la fisi-adsorción del etileno sobre sitios uni-atómicos formando la unión “pi”. El etileno fisisorbido es hidrogenado en pasos formando primero un intermediario etil y luego etano. Todos los pasos hasta la incorporación del segundo hidrógeno son reversibles (Cremer y col., 1996). En el Esquema 1 se pueden seguir los pasos descriptos.



Esquema 1. Mecanismo propuesto para la hidrogenación del etileno sobre Pt(111).

* Pt(111), esta notación indica el tipo de plano base de un cristal cúbico centrado en las caras.

ASPECTOS TERMODINÁMICOS ESPONTANEIDAD DE LA REACCIÓN

Toda reacción tendrá un dado valor de G (energía libre de Gibbs), a una dada temperatura T , medida en Kelvin y una dada presión P , medida en bar. La variación de G con el grado de avance de la reacción está dada por:

(1)

$$\left(\frac{\partial G}{\partial \xi}\right)_{P,T} = \Delta G^{\circ} + RT \ln Q_P$$

ΔG° en la ecuación (1), es la diferencia entre las energías libres de Gibbs de los productos y de los reactivos puros en sus estados estándares, 25°C y 1 bar ($1 \text{ bar} \equiv 10^5 \text{ Pascales}$).

En la ecuación (1) Q_P es la relación, en este caso, con las presiones de los productos y de los reactivos y R es la constante de los gases. Las condiciones estándares son: $T = 298.15 \text{ K}$ y $P^{\circ} = 1 \text{ bar}$.

$$Q_P = \frac{\frac{P_{\text{etano}}}{P^{\circ}}}{\frac{P_{\text{etileno}}}{P^{\circ}} \cdot \frac{P_{\text{hidrógeno}}}{P^{\circ}}}$$

La termodinámica establece que para que la reacción ocurra debe ser $\Rightarrow \left(\frac{\partial G}{\partial \xi}\right)_{P,T} \leq 0$

Usualmente, en muchos textos, $\left(\frac{\partial G}{\partial \xi}\right)_{P,T}$ de la ecuación (1) se denomina ΔG y $\left(\frac{\partial G}{\partial \xi}\right)_{P,T}$ suele traer confusión ya que el símbolo “ Δ ” debería reservarse para la diferencia entre estados finales e iniciales.

En cambio $\left(\frac{\partial G}{\partial \xi}\right)_{P,T}$ es una derivada para un instante dado de la reacción. MacDonald propuso llamarla $\Delta_r G$, (MacDonald, 1990) y Chang la denomina $\Delta_r G$, (Chang, 2008, cap 9).

Las presiones se tomaron en relación al valor estándar 1 bar (P°), (Chang, 2007, p 607).

Si tenemos inicialmente etileno, hidrógeno y el catalizador, la reacción evolucionará espontáneamente hasta alcanzar el equilibrio y resulta la hidrogenación.

Si tenemos etano y el catalizador la reacción también evolucionará espontáneamente hasta alcanzar el equilibrio y resulta la deshidrogenación.

Partiendo de cada situación el sistema avanza hacia el equilibrio, en el cual $\left(\frac{\partial G}{\partial \xi}\right)_{P,T} = 0$ y Q_p se transforma en la constante K_p de equilibrio, $Q_p \Rightarrow K_p$

En consecuencia la determinación de la constante de equilibrio necesita del conocimiento de ΔG° a distintas temperaturas. ΔG° ó mejor $\Delta_r G^\circ$ (ΔG° de reacción) puede determinarse directamente a partir de los $\Delta_f G^\circ$ (ΔG° de formación), pero consideramos que es más ilustrativo emplear la relación,

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ \quad (2)$$

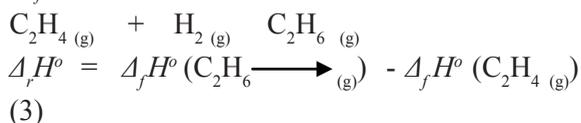
La ecuación (2) permite analizar la contribución de los términos energético y entrópico de la reacción.

ENTALPÍA DE REACCIÓN A PRESIÓN Y TEMPERATURA NORMALES

Cálculos a PTN, a presión y temperatura normales, $P=1$ bar ($1\text{bar}\equiv 10^5\text{Pascales}$) y $T=298.15\text{ K}$

a) Se calculó la entalpía de reacción ($\Delta_r H^\circ$), a partir de las correspondientes entalpías de formación

($\Delta_f H^\circ$) de cada una de las sustancias.



Los valores de las entalpías de formación se extrajeron de la Sección 5-22 del “Handbook CRC”, (Lide, 2008-2009). Es conveniente recordar que los elementos, en su estado más estable a 25°C y 1 bar (en este caso el hidrógeno molecular o dihidrógeno) tienen asignados el valor 0, Sección 5-13 en el Handbook.

Reemplazando los valores del manual en la ecuación (3), tenemos:

$$\Delta_r H^\circ = -84.0 \text{ kJ.mol}^{-1} - 52.4 \text{ kJ.mol}^{-1} = -136.4 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

b) Se calculó la entalpía de reacción ($\Delta_r H^\circ$) a partir de las energías de disociación de enlace (BDE).

Los valores de BDE tienen una mayor incerteza experimental que las entalpías de formación. Se eligen los datos más recientes y con menor error. Los datos de BDE para el etano y el hidrógeno se obtuvieron del correspondiente “Handbook” (Yu-Ran Luo, 2007). El BDE para la unión pi del etileno se obtuvo de la barrera de rotación calculada para el etileno (Bingham y col., 1975, Tabla VIII).

$$\Delta_r H^\circ = -2 \cdot \text{BDE} (\text{C}_2\text{H}_5\text{-H}) + \text{BDE} (\text{unión } \pi) + \text{BDE} (\text{H-H}) \quad (4)$$

$$\text{BDE} (\text{C}_2\text{H}_5\text{-H}) = 420.5 \pm 1.3 \text{ kJ.mol}^{-1} ;$$

$$\text{BDE} (\text{H-H}) = 435.7799 \pm 0.0001 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\text{BDE} (\text{unión } \pi) = 63.9 \text{ kcal.mol}^{-1} (267.5 \text{ kJ.mol}^{-1})$$

Reemplazando los valores del “Handbook” de Yu-Ran Luo y el de Bingham en la ecuación (4), tenemos:

$$\Delta_r H^\circ = -2 \cdot (420.5) \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 267.5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 435.7799 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = -137 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Hemos comprobado que ambas maneras de calcular el $\Delta_r H^\circ$ (a y b) difieren poco, en este caso particular y dentro del error. Ambos cálculos nos informan que la reacción de hidrogenación es considerablemente exotérmica. Sin embargo, la reacción sin catalizador, no sucede.

El cálculo a partir de las entalpías de formación es más exacto, sin embargo el cálculo empleando la BDE es muy útil cuando no se conocen todas las entalpías de formación. Por otra

parte, también nos permite comprender que la reacción es exotérmica de una manera muy gráfica: en este caso la energía liberada al formarse dos uniones C-H excede la consumida para escindir la molécula de hidrógeno y el enlace “pi”.

ENTALPÍA DE REACCIÓN A DIVERSAS TEMPERATURAS

Cálculos a P=1 bar y diversas T (K) del $\Delta_r H^\circ$

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ_{\text{producto}} - \Delta_f H^\circ_{\text{reactivos}}$$

Tabla I. Reacción de Hidrogenación del etileno.

Cálculo del $\Delta_r H^\circ$ a partir de los $\Delta_f H^\circ$, en función de la temperatura.*

T (K)	$\Delta_f H^\circ$ (C_2H_6 (g)) (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta_f H^\circ$ (C_2H_4 (g)) (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta_r H^\circ$ (kJ.mol ⁻¹)
298.15	- 84.000	52.400	- 136.40
300	- 84.094	52.341	- 136.435
400	- 88.988	49.254	- 138.242
500	- 93.238	46.533	- 139.771
700	- 99.663	42.278	- 141.941
1000	- 105.105	38.205	- 143.310
1100	- 106.082	37.310	- 143.392

* Las entalpías de formación a las distintas temperaturas se encuentran en la Sección 5-47 del CRC (Lide, 2008-2009).

En la Tabla 1 se observa que la entalpía de la reacción de hidrogenación, $\Delta_r H^\circ$, es exotérmica para todas las temperaturas investigadas y que varía con la temperatura.

En la bibliografía se hallaron los valores estándares de las entalpías de formación en función de la temperatura (Lide, 2008-2009, Sección 5-47).

ENTROPIA DE REACCIÓN A DIVERSAS TEMPERATURAS

Cálculos a P=1 bar y diversas T (K) de la variación de entropía, $\Delta_r S^\circ$

$$\Delta_r S^\circ = S^\circ(\text{C}_2\text{H}_6_{(g)}) - S^\circ(\text{C}_2\text{H}_4_{(g)}) - S^\circ(\text{H}_2_{(g)})$$

Podemos evaluar la variación de entropía sobre la base de la relación intuitiva orden/ desorden. En la reacción de hidrogenación observamos que dos moles de reactivos se convierten en un mol de producto, lo cual hace prever un cambio de entropía negativa.

En la Tabla II se observa que la entropía del etano y la del etileno son similares, por lo tanto la diferencia queda dada aproximadamente por la entropía del hidrógeno cambiada de signo.

En la bibliografía se hallaron los valores estándares de las entropías de los reactivos y de los productos, en función de la temperatura (Lide, 2008-2009, Sección 5-57).

Es importante hacer notar que los valores de las entropías de los elementos no son cero, sino que se calculan según el tercer principio de la termodinámica que establece que la entropía de todas las sustancias es cero en el cero absoluto, ó $S^\circ(0) = 0$.

Tabla II. Reacción de Hidrogenación del etileno.
Cálculo del $\Delta_r S^\circ$ a partir de los S° , en función de la temperatura.*

T (K)	$S^\circ(\text{C}_2\text{H}_6_{(g)})$ (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)	$S^\circ(\text{C}_2\text{H}_4_{(g)})$ (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)	$S^\circ(\text{H}_2_{(g)})$ (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)	$\Delta_r S^\circ$ (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)
298.15	229.161	219.316	130.680	- 120.835
300	229.487	219.582	130.858	- 120.953
400	246.378	233.327	139.217	- 126.166
500	262.344	246.198	145.738	- 129.592
700	292.080	269.770	155.607	- 133.297
1000	331.628	300.405	166.217	- 134.994
1100	343.597	309.556	169.113	- 135.072

* Las propiedades termodinámicas a las distintas temperaturas se encuentran en la Sección 5-47 y 5-57 del CRC (Lide, 2008-2009).

EQUILIBRIO DE LA REACCIÓN,

$K_{P \text{ calculada}}$

En principio, el objetivo es analizar el sistema de hidrogenación del etileno cuando, en la ecuación (1) $\frac{\partial G}{\partial \xi}_{p,T} = 0$ y Q se ha convertido en la relación de equilibrio. Debemos hallar entonces los $\Delta_r G^\circ$ en función de T , calculados a partir de $\Delta_r H^\circ$ y $\Delta_r S^\circ$ también en función de T , tal como se muestra en las Tablas I y II. Se aplica la ecuación (2) y tenemos,

$$\Delta_r G^\circ(T) = \Delta_r H^\circ(T) - T \Delta_r S^\circ(T)$$

$$\Delta_r G^\circ(T) = -R \cdot T \ln K_{P \text{ calculada}(T)} \quad (5)$$

$$K_{P \text{ calculada}}(T) = e^{-\frac{\Delta_r G^\circ}{R \cdot T}} \quad (6)$$

Calculamos la constante de equilibrio de las ecuaciones (5) y (6). Observamos que la constante de equilibrio carece de unidades.

Al escribir Q_p y K_p se colocaron las presiones parciales de reactivos y productos cuando lo correcto hubiese sido colocar las correspondientes fugacidades. Las fugacidades se obtienen multiplicando las presiones por los correspondientes coeficientes de fugacidad. Estos coeficientes se pueden evaluar en base al segundo coeficiente de virial del Handbook CRC (Lide, 2008-2009). Se verificó que estos coeficientes para las condiciones experimentales de los ejemplos citados varían para el hidrógeno entre 1.006 a 1.004, para el etileno entre 0.9941 y 0.9989 y para el etano entre 0.9922 y 0.9985. Por lo tanto no tiene sentido la corrección.

En la Tabla III se observa que $\Delta_r H^\circ(T)$ y

$\Delta_r S^\circ(T)$ no cambian demasiado con T , en cambio $\Delta_r G^\circ(T) = \Delta_r H^\circ(T) - T \Delta_r S^\circ(T)$ varía considerablemente en el rango de T mostrado y lo mismo ocurre en consecuencia con la constante de equilibrio. El término entrópico, $-T \Delta_r S^\circ(T)$, es positivo en este caso y compite con $\Delta_r H^\circ(T)$ que es negativo. A medida que aumenta T , $\Delta_r G^\circ(T)$ va disminuyendo en valor absoluto lo cual implica una fuerte disminución de K_p con T .

Hay una competencia entre la búsqueda de la menor energía, lo cual se mide por $\Delta_r H^\circ(T)$ y la búsqueda de un mayor desorden que se vincula por $\Delta_r S^\circ(T)$.

A mayor temperatura predomina el término entrópico.

A menor temperatura predomina el término energético.

Cuando un sistema de reacción alcanza el equilibrio a la temperatura (T), entonces $\frac{\partial G}{\partial \xi}_{p,T} = 0$ y el signo de $\Delta G^\circ(T)$ indica si la formación de los productos o la de los reactivos está favorecida.

Observemos que $\Delta G^\circ(T)$ no determina si el proceso es espontáneo, sino que si:

$\Delta G^\circ(T)$ es negativo, entonces $\Rightarrow K_p > 1$

$\Delta G^\circ(T)$ es positivo, entonces $\Rightarrow K_p < 1$

Cálculos a P=1 bar y diversas T (K) del $\Delta_r G^\circ(T)$.

Tabla III. Reacción de Hidrogenación del etileno.
Cálculo del $\Delta_r G^\circ$ a partir de los $\Delta_r H^\circ$ y $\Delta_r S^\circ$, en función de la temperatura.*

T (K)	$\Delta_r H^\circ$ (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta_r S^\circ$ (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)	$\Delta_r G^\circ$ (kJ.mol ⁻¹)	K_P calculada
298.15	- 136.400	- 120.835	- 100.373	$3.84 \cdot 10^{17}$
300	- 136.435	- 120.953	- 100.149	$2.74 \cdot 10^{17}$
400	- 138.242	- 126.166	- 87.776	$2.90 \cdot 10^{11}$
500	- 139.771	- 129.592	- 74.975	$6.80 \cdot 10^7$
700	- 141.941	- 133.297	- 48.633	$4.26 \cdot 10^3$
1000	- 143.310	- 134.994	- 8.316	2.719
1100	- 143.392	- 135.072	+ 5.187	$5.671 \cdot 10^{-1}$

* Se muestran los cálculos de $\Delta_r H^\circ$ y $\Delta_r S^\circ$ en las Tablas I y II respectivamente.

En el caso particular de la hidrogenación se observa que $\Delta G^\circ(T) < 0$, pero a partir de $T=1100$ K se torna positivo. En consecuencia puede observarse que con el aumento de T no se favorece la formación de los productos.

Si se deseara realizar una deshidrogenación, habría que partir de gran proporción de etano y a una temperatura lo más alta posible, aunque cuidando de no favorecer otro tipo de reacciones como las de ruptura de las uniones entre átomos de carbono.

Analizando los resultados, observamos que aproximadamente a 1060 K se tiene una constante de equilibrio unitaria, $K_P \text{ calculada} = 1$, dado que $\Delta G^\circ(T) = 0$.

A partir de los resultados dados en la Tabla III, podemos concluir que a temperatura ambiente o menor la reacción está tan desplazada hacia el etano que puede considerarse completa. Incluso a 700 K, aún está muy favorecida la formación de los

productos, pero se prefieren menores temperaturas debido al buen rendimiento y para evitar reacciones indeseadas.

Aun considerando errores mínimos en T de la décima de grado y en $\Delta G^\circ(T)$ de 1 joule, la propagación de errores conduce a que no pueden asegurarse más de dos cifras decimales en K_P , salvo en los dos últimos casos de la Tabla III.

EJEMPLOS DE CATALIZADORES, CONDICIONES EXPERIMENTALES

Seleccionamos los siguientes tres ejemplos con el propósito de evaluar algunos aspectos, por ejemplo:

- Ventajas de las condiciones experimentales.
- Rendimiento de la reacción.
- Importancia de las técnicas modernas.

**I- Catalizador 1: platino (111)*, monocristal.
T= 295 K**

La hidrogenación del etileno sobre Pt(111) se realizó a presiones de H₂ y etileno de 723 y 38 Torr respectivamente, a 295 K. El análisis de la superficie del platino evidenció características que se asignaron a la presencia del intermediario etil-Pt(111) (Cremer y col., 1996).

*Pt(111), esta notación indica el tipo de plano base de un cristal cúbico centrado en las caras.

II- Catalizador 2: níquel finamente dividido y recién reducido. T= 423 K

En 1897 P. Sabatier y J. Senderens utilizaron una columna larga con níquel reducido, mantenida por debajo de 150°C, para obtener durante muchas horas etano a partir de etileno e hidrógeno. El níquel se aisló, al finalizar, prácticamente inalterado. En 1874 se había utilizado negro de platino, sin calentar, pero no se pudo lograr una corriente continua de etano (Sabatier y Senderens, 1897).

III- Catalizador 3: un film de policarbonato que contiene rutenio. T= 453 K

Una mezcla de etileno (200 Torr) e hidrógeno

(400 Torr) se trató con un film de policarbonato que contiene rutenio (PC-Ru) a 180°C. Se monitoreó la hidrogenación por espectroscopía de Infrarrojo, siguiendo la relación etileno/etano. En los espectros no hubo evidencia de coordinación del etileno al rutenio. La reacción se completó a los dos días (Shim y col., 1996).

A partir de las datos experimentales de los ejemplos anteriores se construyó la Tabla III(*ejemplos*). Las propiedades termodinámicas, correspondientes a cada temperatura, se inter o extrapolaron en forma lineal en el intervalo entre (298.15 a 400) K y (400 a 500) K.

Los valores de partida se obtuvieron de la Sección 5-47 y 5-57 del “Handbook CRC” (Lide, 2008-2009).

Ecuación de inter o extrapolación:

$$\Delta_r H_x^0 = -\frac{\Delta_r H_2^0 - \Delta_r H_1^0}{T_2 - T_1} (T_2 - T_x) + \Delta_r H_2^0$$

Para T_x = 295 K, se usó el intervalo entre T₂=400 K y T₁=298.15 K.

Para 423 y 453 K, se usó el intervalo entre T₂=500 K y T₁=400 K.

Tabla III(ejemplos). Reacción de Hidrogenación del etileno.

Temperaturas experimentales.*^a

Cálculo del Δ_rG° a partir de los Δ_rH° y Δ_rS°, en función de la temperatura.*^b

T (K)	Δ _r H° (kJ.mol ⁻¹)	Δ _r S° (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)	Δ _r G° (kJ.mol ⁻¹)	K _P calculada
295	- 136.343	- 120.670	- 100.745	6.89.10 ¹⁷
423	- 138.594	- 126.954	- 84.892	3.04.10 ¹⁰
453	- 138.052	- 127.982	- 81.076	2.23.10 ⁹

*^a Los valores de temperatura corresponden a las de los ejemplos seleccionados, en los cuales la hidrogenación fue realizada con distintos catalizadores.

*^b Los valores de Δ_rH° y de Δ_rS° se extra o interpolan de los resultados obtenidos con datos extraídos del “Handbook”, que se muestran en las Tablas I y II.

CONCLUSIONES

Hemos recordado a Paul Sabatier ilustrando una de las tantas reacciones de hidrogenación que logró realizar. Presentamos un breve análisis sobre la catálisis y un completo análisis termodinámico de la hidrogenación del etileno, el cual permitió evaluar cómo afecta la naturaleza del cambio de la entropía y la entalpía al $\Delta_r G^\circ(T)$ y a K_p .

Ha quedado evidenciada la importancia del catalizador, indispensable para que suceda la reacción, pero que de ninguna manera es capaz de introducir cambios termodinámicos.

Es necesario comentar la importancia de racionalizar que la temperatura favorecerá la cinética, permitiendo que la reacción ocurra en un tiempo razonable. En este caso vimos que un aumento de la temperatura desfavorece la K_p . Las condiciones seleccionadas en los ejemplos son, sin lugar a dudas, un compromiso que permite llegar en un tiempo razonable a un buen rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carey, F. A. and Sundberg, R. J.** (1990). *Advanced Organic Chemistry. Part B: Reactions and Synthesis*. 3rd edition. Editorial: Plenum Press, New York and London.
- Chang, Raymond** (2007). *Química*, traducción de la 9^{na} edición. McGraw-Hill, Interamericana, México.
- Chang, Raymond** (2008). *Fisicoquímica para las Ciencias Químicas y Biológicas*, traducción de la 3^{ra} edición. McGraw-Hill, Interamericana, México.
- Cremer, P. S., Su, X., Shen, Y. R. and Somorjai, G. A.** (1996). Ethylene hydrogenation on Pt(111) monitored in situ at high pressures using Sum frequency Generation. *J. Am. Chem. Soc.* 118, 2942-2949.
- Bingham, R. C., Dewar, M. J. S. and Lo, D. H.** (1975). Ground States of Molecules. Calculations for hydrocarbons. *J. Am. Chem. Soc.* 97, 1294-1301.
- Fuentes, S. y Díaz, G.** (1997). *Catalizadores. ¿La piedra filosofal del siglo XX? Colección "La Ciencia para todos"*, 2^{da} edición. Editorial: Fondo de Cultura Económica, México.
- Lide, D. R.** (2008-2009). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 89th Edition, CRC PRESS, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- MacDonald, J. J.** (1990). Equilibrium, Free Energy, and Entropy. *J. Chem. Educ.*, 67(5), 380-382.
- Rogers, D. W. and McLafferty, F. J.** (1971). Heats of Hydrogenation. *J. Chem. Educ.*, 48(8), 548-549.
- Sabatier, P. et Senderens, J. B.** (1897). Action du nickel sur l'éthylène. Synthèse de l'éthane. *Compt. Rend.* 124, 1358-1361.
- Shim, I., Oh, W., Jeong, H. and Seok, W.** (1996). Preparation of ruthenium-containing polycarbonate films and the chemistry of ruthenium in polycarbonate. *Macromolecules*, 29, 1099-1104.
- Taylor, H. S.** (1944). Paul Sabatier. *J. Am. Chem. Soc.* 66(10), 1854-1941.
- Yu-Ran Luo** (2007). *Comprehensive Handbook of Chemical Bond Energies*. Editorial: CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton.

Para reflexionar

UN PROBLEMA DE pH Y SU COMPRENSIÓN CONCEPTUAL

**Norberto Rubén Scandroli, María Luz Diez, Magdalena Azcue,
Mercedes Pagani, Mariana Ferraggine**

Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de
la Provincia de Buenos Aires. Tandil. Argentina
nscan@vet.unicen.edu.ar

Resumen

En este trabajo, de carácter exploratorio, se intentan diagnosticar las dificultades que tienen los alumnos al resolver un ejercicio-tipo de un tema de Química (pH), y qué complicaciones adicionales aparecen cuando ese ejercicio se transforma en un problema más complejo. La muestra estuvo constituida por 250 alumnos (para el ejercicio), y 36 estudiantes (para el problema), de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Tandil, Argentina. Se utiliza un enfoque cualitativo, con observaciones participantes. Se detectan diversos tipos de errores en el ejercicio, y bastantes dificultades en la comprensión conceptual del problema.

Palabras clave: Resolución de problemas, enseñanza, Química.

A problem of pH and conceptual understanding

Abstract

In this research, exploratory, is intended to diagnose the difficulties that students have to solve an exercise-type of a topic in chemistry (pH), and what additional complications arise when the exercise becomes to a more difficult problem. The sample consisted of 250 students (for the year), and 36 students (to the problem), Faculty of Veterinary Science, Tandil, Argentina. It uses a qualitative approach, in a participant observation mode. They detect different types of errors in the exercise, and several conceptual difficulties in understanding the problem.

Keywords: problem solving, teaching, chemistry.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación sobre las competencias intervinientes en la resolución de problemas de Química en el ámbito universitario. Fundamentalmente el proyecto se centra en el análisis de las habilidades intelectuales que hacen a la comprensión conceptual de la información presente en un problema, y su influencia en la estrategia de razonamiento.

Dicho proyecto fue evaluado y aprobado en noviembre de 2010, por la Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

Uno de los objetivos del proyecto es responder a la pregunta: ¿se puede enseñar a “ver” la estrategia de resolución de un problema?

Creemos que es posible poder dar respuesta a esta pregunta, puesto que al analizar las dificultades que presentan los alumnos para resolver situaciones problemáticas relacionadas con la Química, se pueden obtener interesantes datos en cuanto a los obstáculos presentes.

Se podrán además, determinar las competencias fundamentales y básicas para la comprensión conceptual de la información presente en el problema, y su influencia en las estrategias de razonamiento.

Luego, se construirán orientaciones didácticas que formen una propuesta metodológica de enseñanza y aprendizaje de temas de Química, que permita mejorar el desempeño de los alumnos.

Por lo tanto, lo que se intenta es transferir los resultados obtenidos a la labor docente, de manera tal de poder contribuir al mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias.

En este trabajo presentado, de carácter exploratorio, se intentan analizar las competencias intervinientes en la resolución de un problema de lápiz y papel, en un tema de Química (pH) en el ámbito universitario.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo consiste en diagnosticar las dificultades que tienen los alumnos al resolver:

- a) un ejercicio-tipo de pH,
- b) un problema más complejo, derivado del ejercicio anterior.

En el primer caso, el ejercicio, que es normalmente utilizado en las evaluaciones del curso universitario, es del siguiente tipo:

Determine el pH de una solución obtenida a partir de n litros de un ácido fuerte de $\text{pH} = x$ y m litros de base fuerte de $\text{pH} = z$.

Luego, este ejercicio-tipo es transformado en el siguiente problema:

A un litro de solución de hidróxido de potasio ($\text{pH} = 10,5$) se le agregan 3 litros de solución de ácido clorhídrico, obteniéndose un $\text{pH} = 4$. Determine el pH de la solución ácida agregada.

METODOLOGÍA

La resolución de problemas de lápiz y papel, es una actividad muy utilizada desde hace muchísimos años en la enseñanza de las Ciencias Naturales, y constituye una de las tareas fundamentales para evaluar la adquisición de conocimientos, y por eso se considera que amerita investigar sobre su aprendizaje.

Según Solaz-Portalés (2008) es muy común en las aulas de ciencias utilizar problemas donde

sólo se requieren usar habilidades de bajo nivel cognitivo, como manipular ecuaciones, sustituir valores, realizar cálculos o repetir conocimientos memorizados.

Este tipo de problemas de carácter algorítmico, donde sólo es necesario, la utilización mecánica de una regla, es el que más frecuentemente se encuentra en los libros de texto.

En trabajos anteriores, se observó la falta de costumbre de los estudiantes para enfrentar la resolución de problemas creativos (Azcue y otros, 2003), que requieran razonar y demostrar una comprensión conceptual del tema, más que aplicar un mecanismo automático, o reemplazar datos en un algoritmo, sin entender lo que se está haciendo. Es importante generar problemas donde no sea evidente la estrategia inmediata de resolución, porque si no, los problemas se convierten en meros ejercicios de repetición, donde los alumnos no aprenden los principios generales de las disciplinas (Azcue y otros, 2006; Coronel y otros, 2008).

Lo importante es que el alumno se pregunte: ¿por qué hago esto?, ¿para qué lo hago?, adquiriendo así las habilidades necesarias que les permitan poder operar con el conocimiento en nuevas situaciones (Azcue y otros, 2004).

Generalmente en la práctica educativa, se confunden los ejercicios con resolución de problemas. Son problemas, aquéllos que intentan presentar desde su redacción, dificultades cognitivas mayores, quedando como ejercicios “*algo más trivial, de cálculo inmediato*” (Coronel y Curotto, 2008). Para otro autor (Jessup, 1998), lo que determina si la situación planteada por el profesor constituye o no un problema, son las etapas que implica su resolución.

Por eso los alumnos prefieren los ejercicios,

donde la técnica es de más fácil aprendizaje. “*Parece que prefieren un guion bien estructurado a modo de algoritmo, con intención de seguir la metodología paso a paso con un marcado carácter lineal*” (Ruiz y Zubimendi, 2009).

Si bien las técnicas, como rutinas automatizadas resultantes de la práctica repetitiva, son los pilares básicos para desarrollar competencias a utilizar en la resolución de problemas, se debería dar más preponderancia a las actividades que fomenten y favorezcan la adquisición de estrategias (Viera, 2007).

Además, se debe tener en cuenta que “*el éxito en la resolución de problemas generalmente no es una buena medida de la comprensión conceptual.*” (Leonard y otros, 2002). Por eso se deben relacionar estas dos actividades, e investigar su vinculación.

Otros autores, manifiestan la importancia de esta tarea investigativa, ya que ello permitirá entender “*cómo piensan nuestros alumnos cuando piensan resolviendo sus problemas y aprender, además, de sus desaciertos*” (Izquierdo, 2005). Un análisis de los errores de los estudiantes puede generar una mirada diferente respecto a la enseñanza, porque permite “*asignar nuevo significado y revalorizar los errores de los estudiantes*” (Buteler y otros, 2008).

Por este motivo, tratando de utilizar dichos errores con ese propósito, se exploran en primer lugar, las dificultades en los razonamientos que utilizan los estudiantes para resolver un ejercicio-tipo de pH (primera parte del objetivo).

En este diagnóstico, la muestra inicial estuvo constituida por 250 estudiantes, cursantes de la asignatura Química Biológica, en primer año de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Uni-

versidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en la ciudad de Tandil (Argentina).

En esta primera etapa se utilizó un cuestionario de lápiz y papel, para registrar los razonamientos utilizados por los alumnos para la resolución del ejercicio. Este ejercicio formó parte de la evaluación parcial de la materia.

La segunda muestra, para trabajar con la parte “b” del objetivo (diagnosticar las dificultades en un problema más complejo, derivado del ejercicio), estuvo constituida por los estudiantes (36) que promocionaron dicho curso, es decir, que lo aprobaron con nota mayor o igual al 80 %. Aceptaron voluntariamente participar del trabajo y todo ellos sabían que se trataba de una investigación acerca de un problema “difícil” de pH.

Se seleccionaron dichos alumnos, con excelente desempeño en la materia, para asegurar la presencia de conocimientos básicos del tema que son necesarios para abordar el razonamiento. Se los citó un día especial, y la tarea requirió una hora aproximadamente.

Aquí se utiliza un enfoque cualitativo, haciendo un registro de la observación participante realizada.

RESULTADOS

En la parte “a” del objetivo, los resultados encontrados fueron:

- Existe confusión entre Molaridad y número de moles, en un gran porcentaje de alumnos (25 %).
- Incorrecta utilización de los moles de iones presentes: consideran el valor de $[H^+]$ cuando el pH es alcalino.
- No utilizan el volumen final de la solución obtenida, con lo que calculan el pH final

con los moles resultantes de la neutralización, y no la Molaridad.

- Errores matemáticos diversos (cálculos incorrectos, mal uso de logaritmos y antilogaritmos).

En la parte “b” del objetivo, los resultados encontrados son:

- Al entregarle el problema a los estudiantes, se observa una reacción del grupo, similar al descrito en un trabajo de Ruiz y Zubimendi (2009), donde se manifiesta: “*desde un punto de vista emocional, se detectó en el grupo cierta expectativa inicial ante lo novedoso, seguido de un relativo temor ante la incertidumbre de si iban a ser capaces de enfrentarse adecuadamente ante los problemas*”.
- Muchos alumnos aplican “sin pensar”, de manera mecánica, rutinaria, las técnicas aprendidas en el ejercicio de neutralización de la parte “a”, y por lo tanto restan (incorrectamente) los moles de iones que se dan como datos.
- Pasados varios minutos, ningún alumno manifiesta tener una estrategia de resolución, y ante un desconcierto y desánimo generalizado, se les sugiere hacer un análisis cualitativo de lo que está ocurriendo en el problema.
- A los pocos minutos, un alumno, encuentra la primera etapa del camino correcto (suma de iones H^+ presentes en la solución final con los iones OH^- presentes en la solución alcalina), pero no llega al resultado, porque utiliza mal el volumen dado de ácido clorhídrico. Al hacerle notar ese olvido, logra obtener la solución del problema.
- Luego, otros cinco alumnos, llegan al re-

sultado correcto, mientras el resto del grupo, no logra realizar una comprensión conceptual del enunciado del problema.

- Con pequeñas preguntas orientativas, los restantes alumnos, alcanzan el resultado final.
- La mayoría de los alumnos reclama que estos problemas interesantes se den en clase, porque “ayudan a razonar más el tema”.

CONCLUSIONES

Como conclusión de la parte “a”, donde sólo el 40 % de los estudiantes logra resolver el ejercicio, se observa que existen numerosos temas y competencias, considerados prerrequisitos, que no son dominados por el alumnado, por ejemplo el concepto de dilución, y que como recomendación pedagógica, deberían considerarse al planificar las clases del curso.

Como conclusión de la parte “b”, se considera que, evidentemente, cuando se explicó en clase el ejercicio-tipo de pH indicado, debe haber existido por parte de los alumnos, una construcción significativa de ese proceso, comprendiendo los razonamientos involucrados en la resolución. Pero los mecanismos de repetición de una técnica, de un cálculo, de una regla rutinaria, de una ecuación o de un esquema de resolución, sin duda traen aparejado la disminución o bloqueo de la comprensión conceptual del planteo problemático.

Por lo tanto, el docente debería tener en cuenta en su diseño instruccional, que el conocimiento previo de los alumnos, sus estrategias de estudio y sobre todo, el conocimiento conceptual, están implicados en el éxito de la resolución de problemas.

Nuestro trabajo en el aula, en este tema, debería orientarse primero, a analizar y procesar la información del enunciado haciendo continuas inferencias sobre el mismo, y luego, a resolver problemas que requieran realizar conexiones conceptuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azcue, M., Diez, M. L., Lucanera, V., Scandrolí, N. (2003). Analizando dificultades en la resolución de problemas de Química: la comprensión del enunciado. *Revista Iberoamericana de Educación*. Editada por la Organización de Estados Iberoamericanos. <http://www.rieoei.org/experiencias62.htm>

Azcue, M., Diez, M. L., Lucanera, V., Scandrolí, N. (2004). Resolución de un problema “difícil” utilizando las leyes de los gases ideales. *Revista Iberoamericana de Educación*. Editada por la OEI.

<http://www.rieoei.org/experiencias81.htm>

Azcue, M., Diez, M. L., Lucanera, V., Scandrolí, N. (2006). Resolución de un problema complejo, utilizando un elemento de naturaleza heurística. *Revista Iberoamericana de Educación*. Editada por la OEI

<http://www.rieoei.org/experiencias111.htm>

Buteler, L., Coleoni, E., Gangoso, Z. (2008). ¿Qué información útil arrojan los errores de los estudiantes cuando resuelven problemas de física?: Un aporte desde la perspectiva de recursos cognitivos. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7 N° 2, 349 – 365.

http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART5_Vol7_N2.pdf

Coronel, M., Curotto, M. (2008). La resolución

de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7 (2). 463-479.

http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N2.pdf

Izquierdo, M. (2005). (coord.) *Resoldre problemes per aprendre*. Bellaterra: UAB – IDES

Jessup, M. (1998). Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales. *Revista TEA*. Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional. Colombia. Vol. 3, 41-52.

Leonard, W., Gerace, W., Dufresne, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 20 (3). 387-400.

Ruiz, M. y Zubimendi, J. (2009). La resolución de problemas de química, para cursos de introducción universitaria, en contexto.

Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2063-2068.

<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2063-2068.pdf>

Solaz-Portolés, J.J. (2008). *Una aproximación a la resolución de problemas de lápiz y papel en el aula de ciencias*. Edición electrónica gratuita. Texto completo en <http://www.eumed.net/libros/2008c/450/>

Viera, L., Ramírez, S., Wainmaier, C. (2007). Análisis de evaluaciones en cursos universitarios de Química. *I Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.289/ev.289.pdf

Para reflexionar

APRENDIENDO A IDENTIFICAR FENÓMENOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Laura Mariela Morales, María José Flores y Graciela Inés Núñez

Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales

Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina

lauramorales68@hotmail.com, gnunez@ffha.unsj.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo pretendemos analizar el modo en el que determinadas competencias propias de las Ciencias Naturales, específicamente la observación y la interpretación, influyen en la comprensión y adquisición de conceptos científicos. A un grupo de alumnos cuyas edades oscilan entre 14-15 años se les entregó una guía de actividades referidas a un tema aún no abordado en esta etapa de su educación formal: “Cambios físicos y cambios químicos”. Durante el desarrollo de la experiencia los estudiantes observaron y realizaron interpretaciones de diferentes fenómenos, con el objeto de comprenderlos y conceptualizarlos. Analizando el desempeño de este grupo de estudiantes concluimos que los alumnos realizaron buenas observaciones de los fenómenos presentados y la mayoría supo diferenciarlos. En los cambios físicos tuvieron dificultad en la clasificación cuando interviene más de una sustancia y en los químicos utilizaron las manifestaciones observables que sugieren la presencia de nuevas sustancias.

Palabras clave: Competencias científicas, fenómenos físicos, fenómenos químicos, observación, interpretación.

Learning to identify physical and chemical phenomena

Abstract

This work aims at analyzing the way in which certain competences characteristic of the Natural Sciences, specifically observation and interpretation, influence on the understanding and acquisition of scientific concepts. An activity guide related to a topic which has not been studied yet at this stage of formal education, “Physical changes and chemical changes”, was given to a group of students aged 14-15 years. During the experience, the students observed and made interpretations of

different phenomena with the purpose of understanding and conceptualizing them. The performance of this group of students suggests that these learners made good observations of the phenomena presented and most students could differentiate them. As regards the physical changes, they show difficulty in their classification when more than one substance is included. On the other hand, for the chemical changes, they used the observable manifestations which suggest the presence of new substances.

Keywords. Scientific competences, physical phenomena, chemical phenomena, observation, interpretation

FUNDAMENTACIÓN

Dada la rapidez con que se producen cambios e innovaciones en el conocimiento científico, la tendencia actual en la enseñanza de las Ciencias Naturales apunta a la formación de competencias en lugar de privilegiar la asimilación de conocimientos conceptuales, tal como proponía la didáctica tradicional. Cabot Echeverría (2008) afirma que la idea de formar en competencias no se opone al aprendizaje de conocimientos disciplinarios sino que enfatiza su puesta en práctica y orientación. Además, el desarrollo de competencias científicas permite la alfabetización científica tecnológica.

Medina Falcón (2009), coincidentemente, aporta que la educación debe centrarse en competencias que permitan al alumno conocer y transferir dichos conocimientos a situaciones prácticas y adoptar una actitud crítica y comprometida con el entorno natural y social en el que está inserto.

Particularmente en la actividad áulica, Gellón (2007) destaca que es importante adquirir un pensamiento científico para poder relacionar lo que se observa en las prácticas y lo que se piensa al respecto y Furman (2007) aconseja a los docentes que guíen a sus alumnos a través de expe-

riencias de laboratorio que incluyan actividades pautadas y concretas con el fin de que puedan construir estrategias de pensamiento. Siempre se ha considerado que el trabajo de laboratorio favorece la adquisición de habilidades procedimentales y actitudinales propias del currículo de ciencias (Merino y Herrero, 2007).

La observación, considerada como competencia científica, es una actividad que los alumnos pueden aprender, guiados convenientemente por el docente y según Fumagalli (1999) se utiliza para recolectar información, emplea esencialmente los sentidos y puede proveer datos cualitativos o cuantitativos.

Para que la observación sea realmente significativa debe tener una clara intención u objetivo; utilizar los sentidos necesarios según los objetivos propuestos por el docente y ser minuciosa. En ella influyen los conocimientos previos del alumno, por lo tanto puede ser diferente en cada observador y una vez que se obtuvo la información a partir de las observaciones es necesario interpretarla o asignarle un significado, de este modo se puede alcanzar una aproximación a la conceptualización (Ferreira, 2007).

Gellón y otros (2005) consideran que los

alumnos deben saber diferenciar observación de interpretación, ya que esta última implica el planteo de hipótesis, cuya formulación se basa en preconceptos que dichos estudiantes poseen.

Puesto que en esta indagación los alumnos observarán particularmente fenómenos físicos y químicos se debe considerar que aún cuando los fenómenos presenten características de fácil observación, llegar a interpretar los requiere de nociones conceptuales a escala molecular (Kauderer, 1999). A tal efecto resulta útil considerar la diferencia que realizan Pozo y Gómez Crespo (1998) cuando hacen el contraste entre fenómenos en los que se mantiene la estructura molecular (físicos) de otros en los que se reorganizan las moléculas (químicos). Estos autores consideran que en general los alumnos prestan más atención al estado final perdiendo detalles de la situación inicial y no reconocen qué propiedades de la materia se conservan. Para explicar las dificultades que los alumnos enfrentan a la hora de interpretar un fenómeno establecieron cinco categorías de respuestas:

Tienen dificultades para comprender la conservación de la materia aún cuando ésta cambie sus propiedades, ya que a veces consideran en función de la apariencia de una reacción observada que la sustancia desaparece: *Desplazamiento*.

Consideran que siempre que interactúen dos o más sustancias se formará una nueva, lo que resulta válido sólo para fenómenos químicos: *Interacción*.

En algunas situaciones interpretan que las sustancias pueden cambiar sin interactuar con otras: *Transmutación*.

Pueden llegar a considerar que la sustancia conserva su identidad aunque modifique su apariencia, válido sólo para cambios físicos: *Modificación con identidad*.

Creer, ocasionalmente que la sustancia sigue siendo la misma pero varía su cantidad: *Modificación de la cantidad*.

Lo que se pretende en esta propuesta es favorecer la construcción del conocimiento científico de fenómenos físicos y químicos mediante la observación macroscópica e interpretación de los mismos. En otras palabras, conocer cuánto puede el alumno mejorar su aprendizaje utilizando algunas competencias, en este caso particular, la observación e interpretación de fenómenos con características visibles y concretas.

METODOLOGÍA

Se elaboró una propuesta de actividades referidas a “Cambios físicos y cambios químicos” y se aplicó a un grupo de alumnos de edades entre 14-15 años de escuela de zona rural. La propuesta consta de cinco etapas:

I Etapa: observación e interpretación de un fenómeno físico.

Observación del acercamiento de un imán a limaduras de hierro. Determinación de la posibilidad de formación de una nueva sustancia. Esta experiencia fue seleccionada por ser sencilla, de fácil observación y vincular conocimientos científicos con cotidianos.

II Etapa: observación e interpretación de un fenómeno químico.

Experimentación mezclando una solución de permanganato de potasio con agua oxigenada.

Registro de observaciones. Determinación de la posibilidad de formación una nueva sustancia. Esta actividad fue seleccionada por ser una reacción química que presenta manifestaciones observables: aparición de burbujas (producto de la formación de un gas), cambio de color de la solución, (que en realidad es una decoloración paulatina) y formación de abundante precipitado marrón.

III Etapa: diferenciación y clasificación de los fenómenos.

Lectura de material con definiciones de cambio físico y de reacción química. Clasificación de los fenómenos observados en las actividades experimentales previas. Esta actividad se planteó con el objetivo de interpretar las observaciones anteriores mediante la comprensión de la definición y su aplicación a casos reales.

IV Etapa: realización de más reacciones químicas.

Realización de diferentes tipos de reacciones químicas (electrodeposición y reacción efervescente). El objetivo de esta etapa es que adquieran mayor destreza en la observación de reacciones químicas y puedan interpretarlas.

V Etapa: diferenciación de fenómenos

Clasificación de imágenes de distintos fenómenos físicos y químicos cotidianos. El propósito de esta actividad es evaluar la aplicación de los conceptos, lo que implicaría, según Pozo y Gómez Crespo (1998) comprenderlos basándose en la capacidad para transferir los conocimientos adquiridos a otras situaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I Etapa: Observación e interpretación de un fenómeno físico

- ***¿Qué observas?***

Todos los grupos observan una interacción entre el imán y las limaduras de hierro, expresándolo según el material al que le adjudiquen la atracción: “*La atracción la ejerce el imán sobre el hierro*” (3 grupos), “*Ambos se atraen*” (3 grupos) y “*El hierro se pega al imán*” (3 grupos).

La mayoría utilizó el término “atracción” para referirse al fenómeno, incluso un grupo manifestó que se ejerce “atracción magnética” y los restantes expresan “se pegan”.

- ***¿Se forma alguna nueva sustancia?***

Todos los grupos afirmaron que no se forma una nueva sustancia.

- ***Al sacar el imán ¿La sustancia sigue siendo la misma?***

Seis grupos respondieron afirmativamente, y uno de ellos interpretó que la sustancia adquirió una nueva propiedad al decir “*es la misma pero está pegada al imán*”.

Tres grupos creyeron que sí se formó una nueva sustancia y dos de ellos justificaron en base a la adquisición de una propiedad: la magnetización. Consideran que un cambio de propiedad, que en realidad se trata de un fenómeno de magnetismo remanente, determina la formación de una nueva sustancia.

II Etapa: Observación e interpretación de un fenómeno químico

Los alumnos observaron detenidamente los

fenómenos que se produjeron al mezclar las dos soluciones según se consignó. Posteriormente hicieron sus registros escritos.

- **¿Qué observas?**

En el cuadro se detallan los grupos de alumnos y los aspectos observados:

Categorías	Grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Producción de gas, efervescencia o burbujas	x	x	x	x	x		x	x	x
Cambio de color de la solución o decoloración	x	x	x	x	x	x	x		x
Depósito de sólido en el fondo	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Aparición de olor desagradable		x							
Formación de fases “la sustancia se divide”			x						x
Transformación de la sustancia “de arriba hacia abajo”	x				x		x		

Tabla 1- Categorías de observaciones del fenómeno químico

Hay observaciones manifestadas por la mayoría de los grupos, tales como el depósito de sólido en el fondo (todos), la aparición de burbujas (excepto un grupo) y el cambio de color de la solución (salvo un grupo).

Respecto a la formación de precipitado, manifestaron haber observado la deposición de *sólido, sólido marrón, granitos sólidos, una especie de pulpa, algo parecido a la borra de vino y formación de precipitado.*

Si bien la mayoría de los alumnos realizó una observación pura cuando mencionó la aparición de burbujas, dos grupos acompañaron este registro con una interpretación del fenómeno validada por sus conocimientos previos al señalar la formación de un gas.

Era esperable que la mayoría de los grupos observara el cambio de color ya que es muy notable el viraje que se produce en la solución de permanganato de potasio empleada.

Algunos grupos realizaron otras observaciones sin llegar a interpretarlas tales como “la reacción sucede de arriba hacia abajo”, “la sustancia

se divide” y “se produjo un olor desagradable”, mostrando en esta última el uso de otro sentido además de la vista.

Detectamos que en las respuestas utilizaron vocabulario indistinto en cuanto a sustancia, mezcla o solución, lo que hace suponer que estos conceptos, que serían requisitos previos para el aprendizaje de estos contenidos no han sido asimilados por los alumnos.

- **¿Crees que se formó alguna nueva sustancia?**

Dos grupos no respondieron, uno consideró que no hay formación de nuevas sustancias, los seis restantes sí lo evidenciaron y ampliaron sus respuestas del siguiente modo: dos registraron un gas y un sólido marrón; uno un gas, un líquido incoloro y un sólido marrón; uno sólo registra la formación de un gas y dos no justifican su respuesta.

Apreciamos que la mayoría de los grupos pudo asociar la presencia de burbujas y de sólido color marrón con la formación de nuevas sustancias.

III Etapa: diferenciación y clasificación de los fenómenos.

Los alumnos leyeron las definiciones de cambio físico y cambio químico y clasificaron los fenómenos experimentados en las actividades 1 y 2, justificando.

Identificación del cambio físico

Siete grupos clasificaron el fenómeno de imantación como cambio físico y justificaron del siguiente modo: seis consideraron que la sustancia no cambió y uno de ellos expresó que no hubo cambio químico porque los materiales utilizados son sólidos, poniendo en evidencia una concepción alternativa respecto a que las sustancias sólidas no pueden reaccionar. Un grupo no reconoció el cambio físico manifestando que siempre hubo cambios en la “sustancia”. Esta respuesta nos lleva a pensar que confundió “sustancia” con “materia”, lo que les hizo suponer que el cambio en la disposición espacial de las porciones de materia es un cambio químico. El grupo restante no respondió.

Identificación del cambio químico

Ocho grupos interpretaron que se produjo un cambio químico de los cuales tres justificaron su respuesta en base a las manifestaciones observa-

bles de la reacción y cinco sólo respondieron que la sustancia cambia.

Un fenómeno que sucede con cambio de color es fácilmente observable pero difícil de interpretar ya que hay que valerse de conocimientos de cambio químico a escala molecular sobre cómo se reordenan los átomos para formar nuevas sustancias y qué propiedades tienen respecto de la absorción y emisión de ciertas ondas del espectro de luz, nociones conceptuales que en esta etapa escolar los alumnos no poseen. Suponemos que por tal motivo se limitan a interpretar a escala macroscópica, basándose en manifestaciones observables. Por otra parte, se comprueba en la diversidad de respuestas en cuanto al grado de minuciosidad y de acierto, el modo en el que intervienen los conocimientos previos en las observaciones realizadas y cómo inciden en la calidad de conclusiones a las que arriban.

IV Etapa: realización de más experiencias químicas.

Reacción de efervescencia

Los alumnos experimentaron haciendo reaccionar una solución de ácido acético con bicarbonato de sodio y sus observaciones se detallan a continuación en la tabla 2:

Categorías	Grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Producción de gas, efervescencia o burbujas	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Disolución parcial bicarbonato de sodio en vinagre	x	x		x	x	x	x		
Enfriamiento del sistema								x	
Movimiento de las burbujas			x						

Tabla 2-Categorías de observación de reacción de efervescencia.

Todos los grupos observaron la formación de burbujas y uno de ellos, amplía la respuesta adjudicando la efervescencia a la formación de una sustancia gaseosa.

Seis grupos mencionaron la disolución del bicarbonato en ácido acético, de los cuales cuatro interpretaron que el bicarbonato no se disuelve completamente y dos observaron que luego de la efervescencia la solución del ácido se separa del bicarbonato.

Con una frecuencia mínima aparece la detección de enfriamiento del sistema (lo que denota el uso de otro sentido además de la vista) y del movimiento de las burbujas.

De la observación de esta experiencia surgen interpretaciones confusas acerca de la “desaparición” del bicarbonato como fase sólida en el sistema. Los alumnos que realizaron interpretaciones arriesgan que hubo disolución parcial del mismo, pero en ningún momento tienen en cuenta

la posibilidad de que haya reaccionado con la solución de ácido para formar nuevas sustancias, entre ellas el gas dióxido de carbono. La “desaparición” del bicarbonato estaría incluida en la categoría *Desplazamiento* descrita por Pozo y Gómez Crespo (1998) al analizar las ideas sobre la conservación de sustancias.

Reacción de electrodeposición

Los alumnos volcaron una solución de sulfato cúprico sobre un clavo de hierro contenido en un tubo de ensayo. Debido a la reacción redox que se produce se genera una deposición de cobre metálico sobre el clavo y éste a su vez se oxida formando sulfato ferroso en solución, el cual posiblemente no se visualiza por su escasa concentración. Ante pequeños movimientos del tubo en el que se produjo la reacción, el cobre metálico se desprendió del clavo. Las observaciones e interpretaciones que realizaron se muestran en la tabla 3:

Categorías	Grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cambio de color en el clavo	x	x	x	x	x		x	x	x
Aparente oxidación		x	x	x	x	x		x	x
Cambio en el tamaño del clavo			x	x			x	x	
Cambio de color en la solución							x	x	

Tabla 3. Categorías de observación de reacción de electrodeposición.

Todos los grupos registran cambios en la apariencia del clavo. Ocho, cambio de color y seis de ellos agregaron interpretaciones: “*el clavo parece oxidado*” o “*herrumbrado*”.

En cuanto al tamaño, cuatro grupos expresaron que el clavo “*se desintegra*” o que “*se desprende el sólido*” cuando al mover el tubo se separa la deposición de cobre, interpretando que el

clavo se desintegra sin recordar que recupera su apariencia inicial.

La interpretación de los alumnos de que el depósito rojo metálico que recubre el clavo después de la reacción es producto de su oxidación se debe a que desconocen la reacción redox que origina, a partir de Cu^{+2} (solución coloreada), la formación de Cu^0 (sólido marrón rojizo) deposi-

tado en el clavo. Ante la observación de la electrodeposición los alumnos relacionaron con sus conocimientos cotidianos que algo color marrón rojizo sobre un clavo de hierro no puede ser otra cosa que su óxido.

Respecto a la falta de interpretación del cambio de color de la solución es evidente que carecen de nociones conceptuales para reconocer en la decoloración la ausencia del ión cobre en la solución y la presencia de un nuevo ión.

Independiente de que sus argumentaciones sean válidas o no químicamente, lo importante es que evidencian la producción de un cambio químico.

V Etapa: diferenciación de fenómenos

Los alumnos clasificaron las imágenes presentadas en la guía y justificaron su elección.

- ***Combustión del fósforo:***

Seis grupos observan cambio químico: cuatro grupos justifican en función de algunas de las manifestaciones observables: cambio de color (de la cabeza del fósforo) y liberación de calor y cambio en la materia. Tres interpretan que hubo un cambio físico. Uno de ellos justifica expresando que no cambia la estructura, haciendo referencia a la estructura del objeto (fósforo) que sólo quema parte de su cabeza. Los dos restantes justifican en forma contradictoria, mencionando características observables propias de una reacción química: cambio de color y liberación de calor.

Consideramos, basados en estos resultados y en experiencias educativas realizadas con anterioridad, que los alumnos aceptan que las combustiones son cambios químicos, ya que sobre todo si se los guía a realizar observaciones de los estados inicial y final de las sustancias que intervienen pueden apreciar transformaciones

significativas. No obstante hay que destacar que generalmente no tienen en cuenta que no sólo la sustancia combustible cambia sino que también el oxígeno que interviene sufre un cambio químico. Esto último se entiende ya que no es fácil detectar lo que sucede con un gas incoloro. Tal parece que los estudiantes entienden los cambios producidos en una combustión como una *transmutación*: “una sustancia se transforma en otra sin necesidad de interacción” (Pozo y Gómez Crespo, 1998)

El grupo que considera que no cambió la estructura, podría ser porque la imagen muestra un fósforo que no se redujo completamente a cenizas y consideran que se trata de un cambio físico, evidenciando que confunden los conceptos de sustancia y cuerpo.

- ***Disolución de azúcar en agua***

Seis grupos interpretaron que la disolución de azúcar en agua es un cambio químico, de los cuales: cinco justificaron su respuesta indicando que la sustancia cambia al disolverse. Tres interpretaron un cambio físico basados en que no hubo formación de sustancias nuevas.

Las respuestas muestran que hay una tendencia predominante a considerar que la disolución es un cambio químico. Tal parece que les cuesta comprender la conservación de la identidad cuando intervienen dos o más sustancias en un fenómeno. Esto está incluido en la categoría de dificultades encontradas por Pozo y Gómez Crespo (1998) denominada *Interacción*.

- ***Oxidación del clavo***

Cinco grupos interpretaron que la oxidación es un cambio químico y justificaron tres por el cambio de color y dos por el cambio de color y la oxidación. Cuatro grupos consideran que ocurrió un cambio físico de los cuales: dos expresa-

ron que la sustancia es la misma “*el clavo sigue siendo clavo*” (confunden sustancia con cuerpo) y dos consideran el cambio de color como una característica de los cambios físicos.

Varios alumnos interpretaron el cambio químico basados en una manifestación observable del mismo y probablemente también colaboró el hecho de que ya poseen el conocimiento cotidiano de este fenómeno. Se sigue manifestando la idea de que en una reacción química es el cuerpo el que cambia y no la sustancia.

- **Fusión del hielo**

Cinco grupos interpretaron la fusión del hielo como cambio físico y expresaron que la sustancia solo cambió de estado. Tres grupos interpretan un cambio químico y sólo uno de ellos justificó que la “materia” sufrió cambios y el restante no responde.

La mayoría de los alumnos respondió adecuadamente, por lo tanto coincidimos con Pozo y Gómez Crespo (1998) que si en un fenómeno interviene sólo una sustancia es más sencillo comprender que no cambió su identidad aunque haya cambiado su aspecto.

- **Evaporación del agua**

Cuatro grupos interpretaron la evaporación del agua como un cambio físico. Cinco creyeron

que ocurrió un cambio químico justificando del siguiente modo: *la “sustancia” cambia* (sin aclarar si de estado o de identidad), *se forma vapor* y *se produjo liberación de calor*. El grupo restante no justifica.

Apreciamos mayor dificultad para reconocer un cambio físico en el pasaje de líquido a gas que de sólido a líquido, tal vez por las características del estado gaseoso. Algunos alumnos consideran que se trata de un cambio químico ya que relacionan el calor que se percibe al contacto con el vapor con la liberación de calor descrita como una manifestación de una reacción química, sin darse cuenta que se debe proporcionar calor externamente al sistema para que se forme el vapor, es decir, el calor es la causa del fenómeno y no la consecuencia. También confunden la producción del vapor con la formación de gas vista en las experiencias químicas previas.

- **Carne cocinándose**

Cinco grupos consideraron que se produjo un cambio químico y lo justifican con el cambio de color y de la “estructura de la carne” al cocinarse. Cuatro grupos interpretaron que hubo cambio físico, porque no hubo cambio en la estructura (confundiendo cuerpo con sustancia) y por el cambio de color.

Categorías	Grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Combustión del fósforo	Q	Q	F	F	Q	Q	Q	Q	F
Disolución de azúcar en agua	Q	Q	Q	Q	Q	F	F	F	Q
Oxidación de un clavo de hierro	Q	F	F	Q	Q	F	Q	Q	F
Fusión de hielo	F	Q	F	F	Q	F	Q	F	–
Evaporación de agua	F	Q	Q	F	Q	F	Q	Q	F
Cocción de un alimento	Q	F	F	Q	Q	Q	F	Q	F

Tabla 4. Clasificación de fenómenos.

Del análisis general de la tabla, detectamos que de los 6 fenómenos presentados en las imágenes tres grupos lograron clasificar correctamente cinco; un grupo cuatro; dos grupos tres y los restantes una. La disolución de azúcar en agua fue el fenómeno en el que hubo mayor dificultad, corroborando resultados de investigaciones sobre concepciones alternativas acerca del proceso de disolución.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

En la interpretación del cambio físico podemos decir que resulta sencillo reconocerlo si la sustancia no cambia demasiado su aspecto, tal como ocurre en la atracción magnética. En los cambios de estado, el pasaje sólido-líquido no produce mayores dificultades, pero en el cambio líquido-gas la presencia de vapor obstaculiza la comprensión de que no cambia la sustancia ya que la relacionan con la formación de gas, descrita como manifestación de una reacción química.

En la disolución la mayoría de los alumnos respondió que se trata de un fenómeno químico. Suponemos que la disgregación del sólido en partículas tan pequeñas que desaparecen de la vista, les da la pauta de que la sustancia se transformó en otra.

En síntesis, los alumnos tienen dificultades para interpretar los cambios físicos cuando la sustancia involucrada modifica considerablemente su apariencia o cuando interviene más de una sustancia en el fenómeno.

Respecto de la interpretación del cambio químico apreciamos que los alumnos que prestaron

atención a la definición del mismo, aprendieron acerca de las manifestaciones observables que sugieren la presencia de nuevas sustancias y aplicaron dicho conocimiento para interpretar las observaciones obtenidas de sus experimentos. No tuvieron dificultades para observar efervescencia, cambios de color y formación de precipitado, pero en general no elaboraron interpretaciones al respecto. Esto es debido a que no poseen conocimientos de lo que sucede a escala molecular.

Algunas reacciones químicas fueron motivo de confusión. Por ejemplo, cuando interactuaron dos sustancias y observaron la desaparición paulatina de ellas no relacionaron que en consecuencia se estaba formando una nueva y por lo tanto no lograron reconocer este fenómeno como químico. En algunos casos sus interpretaciones se alejaron de las interpretaciones científicas debido a que éstas se basaron en su conocimiento cotidiano.

Cuando tuvieron que realizar la transferencia de los conceptos aprendidos a situaciones cotidianas presentadas en imágenes se obtuvo más del 50% de respuestas acertadas pero no distribuidas uniformemente en todos los grupos. Los errores que se detectaron fueron: no diferenciar sustancia, materia y cuerpo, confundir vaporización de una sustancia con generación de gas y considerar que siempre que interactúen dos sustancias se formará una nueva. Pensamos que algunos de estos errores son causa de que para los alumnos es más sencillo observar experimentalmente un fenómeno que resolver un ejemplo gráfico ya que la observación de imágenes debe ir acompañada por un ejercicio de la imaginación, recordando experiencias previas para pos-

teriormente interpretar si hubo o no cambios en las sustancias.

Analizando el desempeño de los estudiantes (que habitualmente no realiza prácticas de laboratorio) y las respuestas proporcionadas, destacamos que se observó interés y entusiasmo en la manipulación de materiales y sustancias. Asimismo apreciamos que en el transcurso de las cuatro prácticas realizaron observaciones cada vez más detalladas. Consideramos que hubo un avance en la clasificación de fenómenos si comparamos las etapas I y II con la III y la IV. No obstante es poco probable que hayan adquirido en una jornada de trabajo las competencias científicas necesarias para hacer una clasificación más precisas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabot Echevarría, A.** (2008). Enseñanza de la Física en la Educación Media Tecnológica a través de un diseño curricular por competencias, una experiencia en marcha. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 2(3), pp.289-293 En <http://www.journal.lapen.org.mx>.
- Ferreira, P.** (2007). Destreza de procedimiento: la observación (Ciencias Naturales) *Sur cultural. Educando para la vida.* En <http://www.surcultural.info/2007/09/destreza-de-procedimiento-la-observacion-ciencias-naturales/>.
- Furman, M.** (2007). Haciendo ciencia en la escuela primaria: mucho más que recetas de cocina. *Revista 12 (ntes) N° 15*, pp.2-3. En <http://www.12ntes.com/revista/numero15.pdf>.
- Gellón, G.; Rosenvasser Feher, E.; Furman, M. y Golombek, D.** (2005). *La ciencia en el aula.* Paidós, Buenos Aires.
- Gellón, G.** (2007). Los experimentos en la escuela la visión de un científico en el aula. *Revista 12 (ntes) N° 24*, pp.13-14. En <http://www.12ntes.com/revista/numero24.pdf>.
- Kauderer, M.** (1999). De la química que enseñamos a la que queremos enseñar. En compilación de **Kaufman, M. y Fumagalli, L. (comp.). Porlán, R.; Kaufman, M.; Fumagalli, L.; Camino, N.; García Díaz, J.; Kauderer, M. y Lacreu, H.** *Enseñar ciencias naturales.* Paidós Educador, Buenos Aires.
- Fumagalli, L.** (1999). Los contenidos procedimentales de las Ciencias Naturales en la E.G.B. En compilación de **Kaufman, M. y Fumagalli, L. (comp.). Porlán, R.; Kaufman, M.; Fumagalli, L.; Camino, N.; García Díaz, J.; Kauderer, M. y Lacreu, H.** *Enseñar ciencias naturales.* Paidós Educador, Buenos Aires.
- Medina Falcón, J.** (2009). Análisis del Programa de Estudios de Ciencias (énfasis en física, de secundaria), los libros de texto y la Competencia Científica de PISA. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 3(2), 407-421. En <http://www.journal.lapen.org.mx>.
- Merino de la Fuente, J. y Herrero Mateos, F.** (2007). Hacer y pensar en el laboratorio de Química. *An. Quim.* 103(2), 41-46. En <http://www.rseq.org>.
- Pozo, J. y Gómez Crespo M.** (1998). *Aprender y enseñar ciencia.* Morata, Madrid.

Ideas para el aula

UNA GUÍA DIGITAL DE PROBLEMAS PARA UN CURSO DE QUÍMICA GENERAL

Sergio Baggio

UNPSJB, Facultad de Ciencias Naturales, y UTN, Facultad Regional Chubut, Puerto Madryn, Argentina
baggiosergio@yahoo.com.ar

Resumen

Se describe la transformación de guías convencionales de problemas de Química General, en papel, en guías digitales, ejemplificándose con el caso particular del equilibrio químico. Se discuten factores que influyen en el bajo rendimiento de muchos alumnos en la resolución de problemas y las ventajas que pueden ofrecer estas nuevas guías, con una alta proporción de simulaciones en su diseño.

Palabras claves: Química básica, Simulaciones, Resolución de problemas.

A digital guide for a general chemistry course

Abstract

Transformations of conventional problem guides, on paper, in digital guides for a general chemistry course, are described. Factors affecting the low students' performance in problems solving are discussed, while the benefits that can be expected from digital guides, including a good proportion of simulations, are pointed out.

Key words: Basic chemistry, Simulations, Problem solving.

INTRODUCCIÓN

Experiencias recogidas en las cátedras de Química General de la Sede Puerto Madryn (UNPSJB y UTN) (Baggio, 2009a) nos indican que buena parte de los alumnos que ingresan a la Universidad no han desarrollado un nivel de pensamiento – en términos piagetianos- de operacional formal. Hemos observado así, que estos jóvenes, requieren frecuentemente de experiencias concretas antes de la presentación de un lenguaje formal

que los enfrenta con un nivel de abstracción, lo cual no facilita la mediación y apropiación del lenguaje propio de las ciencias naturales. Según ha señalado Johnstone (1993), una dificultad para aprender química reside en la naturaleza misma de la disciplina, que se desenvuelve y nos obliga a pensar por lo menos en tres niveles: el *mundo macroscópico*, que involucra la comprensión de fenómenos químicos observables, el *mundo microscópico*, donde hacemos interpretaciones en términos de átomos, moléculas, y finalmente el

mundo simbólico, donde trabajamos con símbolos, fórmulas, ecuaciones, entre otros.

Sabemos que no siempre la forma de enseñanza de las ciencias, predominante en la escuela media, está centrada en el desarrollo del pensamiento lógico, argumentativo, problematizador e hipotético. En los cursos universitarios iniciales y ante el enunciado de un problema, se observa generalmente que el alumno no presta atención para lograr una clara comprensión de dicho enunciado; por el contrario, su estrategia es tratar de encontrar rápidamente la “fórmula salvadora” que le permita llegar a la solución, saltando pasos y sin un plan de análisis adecuado (Cañavate y Foresio, 2003). Esta dificultad se acrecienta cuando los problemas son de tipo conceptual (Perren y col., 2004).

Está claro, que el primer requerimiento para la resolución exitosa de un problema, es entenderlo. Para hacerlo debe comprenderse el vocabulario utilizado y su uso en el problema. Hay dos tipos de palabras que se utilizan en el enunciado de un problema: las palabras de la vida cotidiana, que el docente supone que son del conocimiento de los alumnos, y las específicas que requieren un conocimiento de la disciplina. En nuestra actividad diaria como docentes y en oposición a lo esperable, encontramos que muchos alumnos tienen ya dificultades en conocer el significado de las palabras de uso común. Sin embargo, parecería que la razón mayor de los inconvenientes, reside en que no siempre comprenden los conceptos en los que se basa el problema. Esta dificultad surge probablemente de la forma de enseñanza de los conceptos, que no siempre se basan en experiencias concretas ni se presentan en una variedad de contextos (Gabel, 2011).

En un afán de superar dificultades en el dictado de las asignaturas mencionadas anteriormente, hemos comenzado desarrollando programas de simulación de actividades de laboratorio, como complemento del mismo (Baggio, 2009b). Dichos programas, presentan numerosas alternativas que permiten a los alumnos desarrollar una estrategia para realizar una efectiva apropiación del conocimiento. En una publicación reciente se describe el posible uso de las mismas, en la clase teórica, para actuar como puente entre ésta y la actividad práctica realizada previamente, en un curso con una orientación de *investigación guiada* (Baggio, 2010; Bodner, 1986). Ahora y atento a las dificultades que tienen los alumnos en la resolución de problemas de acuerdo con los argumentos expuestos, se presentan guías digitales de problemas y se discuten las posibilidades que brinda el uso de los mencionados materiales. Se ponen a consideración del lector, un conjunto de guías de problemas, que corresponden a un curso de Química General, que no son otra cosa que el volcado a nivel digital de las guías impresas que se utilizan normalmente, permitiendo de esa manera la incorporación de imágenes y/o animaciones que muestran la situación del mundo macroscópico o microscópico necesarios para una mejor comprensión de la consigna-problema y de esa manera facilitar la comprensión del enunciado y la resolución correspondiente. El uso de la computadora y las simulaciones, no desplazan al lápiz y el papel, elementos utilizados en la resolución de una guía clásica de problemas, ya que si bien el problema se presenta en el monitor de una manera atractiva, el alumno debe hacer sus cálculos que luego debe confrontar con la computadora. En el presente trabajo se describe la transformación general que han sufrido las guías y se hace una

descripción en particular, ejemplificando en el caso de la guía de Equilibrio Químico.

REFERENTE TEÓRICO

En una publicación ya mencionada (Baggio, 2009b) se ha realizado una exhaustiva descripción del conjunto de programas de simulación de actividades de laboratorio que hemos desarrollado. Varios de ellos son utilizados corriente-

mente en nuestro curso cuatrimestral de Química General y se han dado a conocer en talleres dictados en distintas universidades. Nuestro curso de Química General tiene una orientación de “investigación guiada”, a través de las etapas de Exploración (1), Invención (2), Expansión (3) y Ejercitación (4) (Karplus, 1977; Kolb, 1984, Baggio, 2010). En el cuadro se muestra cómo se desarrolla la actividad semanal de un dado capítulo, por ejemplo Equilibrio Químico:

Organización de la actividad semanal				
Clase	Etapas	Actividad	Horas	Carácter.
1	1,2	Laboratorio	3	Obligatorio
2	3	Teoría	1,5	Optativo
3	1,2,3	Simulación Laboratorio	1	Obligatorio
4	3	Teoría	1,5	Optativo
5	3,4	Problemas	3	Optativo

METODOLOGÍA

La confección de las guías digitales se basó en las guías impresas que se entregaban a los alumnos durante la cursada de la asignatura Química General, en nuestro caso para la carrera de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Se hicieron las modificaciones en los contenidos de los problemas que permitieran su presentación en la pantalla de una computadora como así también la inclusión de simulaciones. Analizaremos distintos casos.

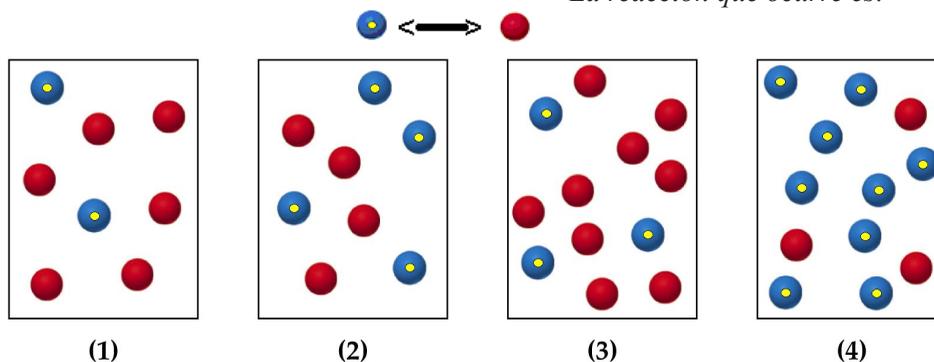
Caso 1

Algunas de las preguntas del tipo “Discuta...” ó “Explique...” y donde se supone que el alumno desarrolla en su cuaderno los argumentos que le permiten responderla, cuando fue posible fueron reemplazados por preguntas de elección múltiple, a fin de que la máquina permita evaluar el resultado. Veamos el siguiente caso:

Guía en papel

Si el diagrama 1 representa una situación de equilibrio, explique qué sucede con las situaciones 2, 3, 4, justificando su respuesta.

La reacción que ocurre es:



Guía digital

3) Si el diagrama 1 representa una situación de equilibrio, explique qué sucede con las situaciones 2,3,4, justificando su respuesta. Indique (\leftarrow , E ó \Rightarrow). La reacción que ocurre es:

El diagrama muestra cuatro cuadros numerados (1) a (4) que representan diferentes estados de un sistema. Cada cuadro contiene una mezcla de moléculas representadas por esferas azules y rojas. En el cuadro (1), hay 3 moléculas azules y 5 moléculas rojas. En el cuadro (2), hay 4 moléculas azules y 4 moléculas rojas. En el cuadro (3), hay 2 moléculas azules y 6 moléculas rojas. En el cuadro (4), hay 5 moléculas azules y 3 moléculas rojas. Encima de los cuadros, se muestra una molécula azul y una molécula roja con una flecha de equilibrio entre ellas. Debajo de los cuadros, hay tres botones de selección de respuesta: \leftarrow , E, \Rightarrow . En la parte inferior del cuadro, hay un botón 'Comprobar resultado' y tres botones de navegación: 'Continuar', 'Salir' y 'Volver'.

donde los símbolos E, \leftarrow y \Rightarrow representan si la imagen que se muestra puede corresponder a una situación de equilibrio, o si el sistema evoluciona hacia los reactivos o hacia los productos.

El uso de la guía digital, no invalida que el alumno vuelque en su cuaderno, la justificación de su respuesta. La comprobación del resultado se habilita una vez que se respondieron todas las preguntas y ante una respuesta incorrecta, sólo se menciona que esto ocurre sin identificar en qué respuesta, con el fin de minimizar las respuestas “al tanteo”. Esto es general para todos los problemas de este tipo.

Caso 2

En otros casos se han incorporado simulaciones en reemplazo de enunciados, que en papel,

son por supuesto, estáticos. Todo esto con la finalidad de facilitar la comprensión del enunciado:

Guía en papel

A altas temperaturas el cloruro de hidrógeno reacciona con oxígeno para liberar cloro de acuerdo con la siguiente reacción, que se encuentra sin balancear:



Cuando el HCl, a 2,3atm, y el O_2 , a 1atm, reaccionan a 750K, la presión del cloro es de 0.93atm. Determine el K_p .

¿Qué sucedería si una vez alcanzado el equilibrio se aumenta la presión parcial de cloro en 0.5atm? Justifique. Si alcanzado el equilibrio se disminuyera el volumen del recipiente ¿qué espera que suceda con el sistema? Justifique.

A altas temperaturas el cloruro de hidrógeno reacciona con oxígeno para liberar cloro de acuerdo a la siguiente reacción, que se encuentra sin balancear:

$$\text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2\text{O (g)}$$

Cloruro de Hidrógeno
PELIGRO Corrosivo

Oxígeno
PELIGRO Alta Presión

Presión de HCl atm.

Presión equilibrio atm.

Presión de O₂ atm.

Reacción llevada a cabo a 750 K.

A altas temperaturas el cloruro de hidrógeno reacciona con oxígeno para liberar cloro de acuerdo a la siguiente reacción, que se encuentra sin balancear:

$$\text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2\text{O (g)}$$

Cloruro de Hidrógeno
PELIGRO Corrosivo

Oxígeno
PELIGRO Alta Presión

Presión de HCl atm.

Presión equilibrio atm.

Presión de O₂ atm.

Reacción llevada a cabo a 750 K, a volumen constante.

A altas temperaturas el cloruro de hidrógeno reacciona con oxígeno para liberar cloro de acuerdo a la siguiente reacción, que se encuentra sin balancear:

$$\text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2\text{O (g)}$$

Cloruro de Hidrógeno
PELIGRO Corrosivo

Oxígeno
PELIGRO Alta Presión

Presión de HCl atm.

Presión equilibrio atm.

Presión de O₂ atm.

Reacción llevada a cabo a 750 K, a volumen constante.

Calcule la constante de Equilibrio K_p

Compruebe resultado

En la secuencia de imágenes de la simulación se ve el sistema donde se hace el estudio, la carga de los recipientes con HCl y O₂ con presiones que varían entre ciertos límites para diferentes corridas por lo que dos estudiantes nunca tienen los mismos valores y finalmente el sistema cuando ambos gases se hacen reaccionar y la presión final obtenida. En este problema se observan modificaciones sobre el enunciado de la guía impresa para facilitar la programación.

Caso 3

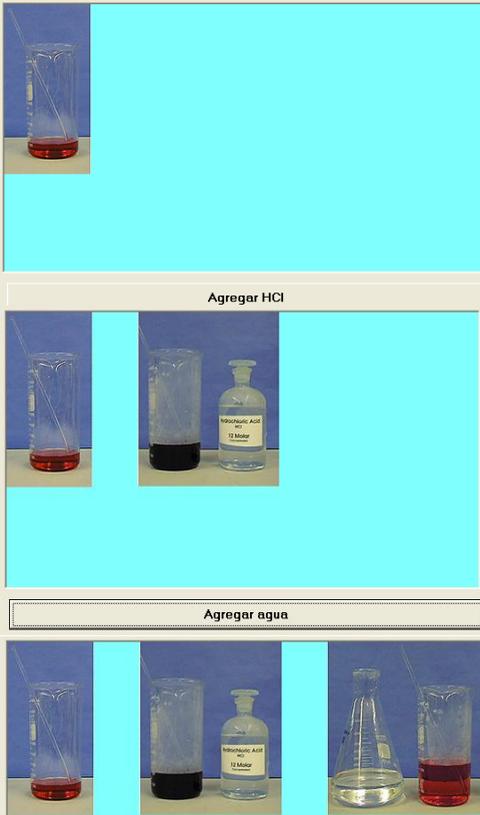
Se han incorporado problemas, que si bien deben ser respondidos en el cuaderno del alumno, facilitan la comprensión a través de imágenes reales (mundo macroscópico) que ilustran el proceso en estudio.

Guía digital

9) Se preparan 100 mL de solución 0,1 M de CoCl₂ en un vaso de 1 L, resultando la solución que se muestra en la figura.

Se dispone de la siguiente información sobre el color de los diferentes compuestos complejos que se pueden formar en solución:

Color :	rosado	azul
Especies:	Co(H ₂ O) ₆ ²⁺	CoCl ₂ (H ₂ O) ₂
	CoCl(H ₂ O) ₅ ⁺	CoCl ₃ (H ₂ O) ⁻
		CoCl ₄ ²⁻



Agregar HCl

Agregar agua

Interprete lo observado a través de ecuaciones, basándose en la información suministrada.

El alumno va realizando la secuencia de operaciones, como si las ejecutara en el laboratorio, facilitando la comprensión del proceso, que en este caso debe describir a través de ecuaciones, de una manera convencional en su cuaderno.

Muchos de los problemas tienen un botón de ayuda, que en forma resumida ubican al alumno en los conceptos teóricos involucrados en el problema. La hoja de ayuda, corresponde en la mayoría de los casos, a imágenes de las diapositivas utilizadas en las clases teóricas.

Se han completado las 14 guías digitales que corresponden a los temas que desarrollamos en nuestro curso y que podrían considerarse como los contenidos básicos de un curso de Química General introductorio. Las guías son:

P01.1: Sistemas materiales

P02.1: Leyes ponderales

P02.2: Estequiometría

P03.1: Estructura Atómica

P04.1: Unión química- Geometría molecular

P04.2: Nomenclatura – Formuleo

P05.1: Gases – Sólidos

P06.1: Líquidos – Soluciones

P07.1: Termoquímica – Termodinámica

P08.1: Equilibrio químico

P09.1: Ácidos y bases

P09.2: Buffers – Hidrólisis

P10.1: Electroquímica

P11.1: Cinética química

CONCLUSIONES

No se ha hecho hasta el momento un estudio comparativo de las ventajas y desventajas que pueden presentar el uso de este tipo de guías. Sin

embargo, algunas de ellas ya se han comenzado a utilizar en nuestro curso en la UNPSJB. Como los estudiantes difícilmente finalizan, en el tiempo estipulado de la clase, la resolución de todos los problemas, una parte de los mismos deben ser resueltos fuera de ese ámbito, donde carecen del apoyo del docente. El botón de ayuda, presente en la mayoría de los problemas de la guía digital, trata de compensar la falta del apoyo del docente cuando el trabajo se hace fuera del aula y de esa manera facilitar el trabajo. La existencia de políticas gubernamentales de entregas de computadoras personales a nivel nacional, hace que buena parte de los alumnos ingresantes a las universidades posean el hardware necesario para la utilización de estos materiales.

Un *Demo*, conteniendo un conjunto de problemas pertenecientes a diferentes temas, representativos de lo que son las guías digitales, está disponible para los lectores interesados, que se lo soliciten al autor a través del correo electrónico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baggio, S. (2009a). 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. (2009b). 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. (2010). 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. *Educación en la Química*, 16 (2), 109-120.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63 (10), 873-877.

Cañavate, E. y Foresio, C. (2003). El problema de resolver problemas. Complementos de Química General N°4. Publicación interna. Cátedra de Química General, FCN, UNPSJB, Puerto Madryn.

Gabel, D. (2011). Problem Solving In Chemistry. <http://www.narst.org/publications/research/problem.cfm>

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701-705.

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.

Perren, M. A., Bottani, E. J y Odetti, H. S. (2004). Problemas cuantitativos y comprensión de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 105-114.

Ideas para el aula

APRENDIENDO ESTEQUIOMETRÍA A TRAVÉS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL PARA INGENIEROS

Manuel Fredy Molina C, José G. Carriazo y Julio César Rivera

Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia
mfmolinac@unal.edu.co, jcarriazog@unal.edu.co, jcriviera76@gmail.com

Resumen

El presente artículo describe la implementación de una metodología de trabajo en el laboratorio, basada en las ideas de la estrategia didáctica reconocida como “aprendizaje por investigación”, y aplicada en un curso de Química General de Educación Superior, desarrollado usualmente desde un modelo de enseñanza de carácter tradicional.

Se muestra el desarrollo de un proyecto de *estequiometría* sobre la determinación de la cantidad de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en una muestra de Alka-Seltzer® (producto comercial) por dos métodos distintos, incorporando a los estudiantes mediante participación activa y mejorando el desarrollo de las habilidades y destrezas en el trabajo práctico experimental con características que identifican al trabajo investigativo en ciencias básicas. La propuesta involucra positivamente a los estudiantes, mejora su aprendizaje y les motiva hacia el trabajo experimental para que éste sea visto como un contexto apropiado para aprender química.

Palabras clave: Estequiometría, trabajos prácticos experimentales, aprendizaje por investigación, resolución de problemas.

Learning stoichiometry through inquiry-based projects in the general chemistry laboratory for engineers

Abstract

The present paper describes the implementation of a laboratory work methodology, based on the ideas concerning to the recognized strategy of science education named “inquiry-based learning”, and applied to a General Chemistry course usually developed in a traditional form. In this work, the development of a stoichiometry project on the determination of sodium bicarbonate quantity (sbq) in an Alka-

Seltzer® sample (commercial product) is showed: two different methods to quantify the sbq were used, involving the students in an active participation that improves the development of experimental work skills with typical features of science research. The proposal positively involves the students, improves their learning and motivates them to the experimental work in order to it can be seen like an appropriate context to learn chemistry.

Key words: Stoichiometry, laboratory work, inquiry-based learning, problem solving.

INTRODUCCION

Luego de años de investigación en Didáctica de las Ciencias, no son muchos los ejemplos aplicados que se publiquen sobre la puesta en marcha de las propuestas metodológicas y didácticas utilizadas para la enseñanza de la química a nivel de laboratorio. Sin embargo, los pocos ejemplos sirven como guía para explorar nuevas propuestas. Son diversas las formas de abordar el trabajo

en el laboratorio experimental de química; una propuesta de división de las actividades prácticas es hecha por Domin (1999), quien destaca que el constructivismo propende, sobre todo, a que el conocimiento sea construido por el estudiante sobre las interacciones entre el ambiente de aprendizaje y éste. Ese ambiente de aprendizaje en el laboratorio lo describe por cuatro estilos de enseñanza presentados en la tabla 1.

Estilo	Entrada	Aproximación	Procedimiento
Expositivo	Predeterminado	Deductiva	Dado
Investigativo	Indeterminado	Inductiva	Generado
Descubrimiento	Predeterminado	Inductiva	Dado
Basado en problemas	Predeterminado	Deductiva	Generado

Tabla 1. Descripción de los estilos de instrucción en el laboratorio.

La entrada de cada estilo corresponde a las ideas que lleva el estudiante al llegar al laboratorio. El término “predeterminado” indica que el estudiante llega al laboratorio con una guía, generada por él o entregada por el docente. Los estilos investigativo y basado en problemas han ganado cierto espacio porque involucran más a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, pero no son muy utilizados debido a que requieren más tiempo, espacio y dedicación tanto del docente como del alumno. La “aproximación” es la forma cómo el estudiante va generando su procedimiento; los

estilos investigativo y por descubrimiento son inductivos porque son secuenciales, unos resultados o datos llevan a otras actividades y componen principios generales. La aproximación deductiva aplica principios generales para aprender o resolver cuestiones específicas. Al respecto de los estilos asociados a esta última aproximación se han generado escuelas de didáctica que han mostrado ventajas y desventajas sobre cada uno de ellos.

Una de las metodologías más atractivas para los docentes y con gran apoyo es la Enseñanza

por Investigación (estilo investigativo), con investigadores promotores reconocidos como D. Gil Pérez en España (Gil, 1993), M. Sanger en Estados Unidos (Sanger, 2008) y A. Hofstein en Israel (Hofstein, 2004). Esta estrategia posee un aspecto importante al considerar al estudiante como un “investigador”, similar a un investigador real pero en una escala diferente, lo que le da al estudiante autonomía y hace del aprendizaje un proceso de construcción de conocimientos. La metodología por investigación, como lo manifiestan Fuentes y García (2010) es un “recurso didáctico que dota de importantes habilidades sociales y mejoras sensibles en los aprendizajes significativos en los alumnos”. Sin embargo, en la práctica cuando enseñamos química en los primeros semestres, el alumno “novato” no puede ser completamente autónomo ni puede aprender todo por investigación. Eso hace necesario realizar una mezcla de enseñanza tradicional con “guías” de trabajo (de corte constructivista) y de “proyectos” más autónomos cuando adelantamos actividades en el laboratorio.

Como grupo hemos transitado el camino del conocimiento teórico y nos hemos propuesto inicialmente conocer la situación actual del trabajo práctico a nivel de secundaria y de universidad (Molina y col., 2006) para, desde allí generar propuestas de cambio e innovación del trabajo práctico experimental; pero también nos preocupa que los profesores no cuenten con materiales que les guíen en procesos aplicados sobre las nuevas metodologías de trabajo experimental. Por ello, pretendemos que este trabajo sea un material de orientación útil que quede en manos de los docentes de química para direccionar su trabajo.

LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Hoy en día la gran mayoría de profesores de química considera que el laboratorio es una parte esencial en la enseñanza de la química, es una idea que se mantiene y difícilmente se percibe de otra manera. Sin embargo, no siempre se ha enseñado química con el uso del laboratorio, de hecho el trabajo formal en un laboratorio de forma metódica sólo se inició con Lavoisier (1743-1794). En este sentido, en una etapa primitiva del desarrollo de la química, existían laboratorios donde trabajaban científicos eminentes, pero pocos estudiantes (con escasas excepciones) ingresaban allí. Good (1936) manifiesta que una versión conocida del uso del laboratorio en la instrucción de estudiantes fue la metodología de Liebig, donde estudiantes novatos entraban a seguir las “recetas” que él escribía sobre el análisis de compuestos orgánicos. Un estudiante podía recibir hasta cien sustancias para ser analizadas, siendo éste un trabajo repetitivo y de formación técnica. El trabajo se revisaba diariamente, y superada esta etapa el estudiante podía abordar problemas o investigaciones individuales (preparar, aislar y purificar nuevas sustancias).

El trabajo actual de laboratorio, en muchos centros para la enseñanza de la química, se queda en la primera parte de la metodología de Liebig, pero no permite abordar problemas prácticos. Por otra parte, la solución a muchos problemas de la química de hoy requiere habilidades básicas en el desarrollo de múltiples pasos y en el seguimiento de protocolos ya estandarizados (buena parte del trabajo podría ser lo que llamamos “tedioso” por ser repetitivo). Además debe tenerse en cuenta que el desarrollo de cualquier investigación re-

quiere de la tenencia de previo conocimiento, de experiencia y de habilidades, en el caso de la química, manipulativas o de cálculo. En ello fundamentamos nuestra estrategia metodológica de trabajo en el laboratorio, enmarcada en dos fases que comprenden:

Fase 1: Trabajo basado en el estilo expositivo, con la intención de conocer cómo se debe trabajar en un laboratorio y las técnicas más comunes de abordaje de problemas de estequiometría. Semejante a la metodología de Liebig, el estudiante debe desarrollar ciertos procedimientos hasta demostrar que posee la destreza apropiada. Por ejemplo, en una titulación debería reportar como mínimo tres datos con valores que no difieran en más de $\pm 0,2$ mL, además de mostrar que lo hace de la forma correcta (esto es la forma de hacer el montaje, manipular la bureta y el erlenmeyer, determinar el punto final y tomar correctamente la medida).

Fase 2: Una vez que el estudiante ha demostrado tener las habilidades correctas, se le enfrenta a un “proyecto” de laboratorio que parte de un problema. En principio, el estilo que se pretende implementar es el investigativo. En segunda instancia, cuando nos referimos a un “proyecto” se trata, como en didáctica, de un trabajo que se realiza en más de una sesión de laboratorio, en nuestro caso tres sesiones de cuatro horas cada una. Esto ayuda a que los estudiantes planeen cada sesión, manejen su tiempo, repitan los procedimientos hasta lograr resultados satisfactorios (recordemos que una parte importante de la experimentación es que sea reproducible) y que analicen constantemente los datos durante el desarrollo del trabajo.

DISEÑO METODOLÓGICO

La implementación de la metodología se realizó con estudiantes de primer semestre en un curso de química general impartido principalmente para ingenieros químicos; comprendió 68 estudiantes repartidos en dos grupos de 34 los cuales trabajaron en parejas.

Primera Fase: Considerando que el perfil del estudiante de primer semestre que ingresa a una carrera de Ciencias corresponde a alguien que probablemente no ha tenido contacto con un laboratorio (Farias y Molina, 2005), iniciamos con una exposición amplia sobre el manejo de sustancias químicas, la elaboración de fichas de seguridad, y las normas para trabajar en un laboratorio químico. Todo este trabajo lo orientamos a través de un manejo estricto del cuaderno de notas de laboratorio. Es un requisito llevar un cuaderno donde se consignen las fichas de seguridad de las prácticas a adelantar, se resuelvan preguntas orientadoras sobre los aspectos teóricos y prácticos involucrados, se consignen los datos tomados en el laboratorio y se realice el análisis de los datos, cálculos y discusiones. Aquí aún no solicitamos un informe como tal, pues la intención es aprender a manejar datos, presentar tablas o gráficos sobre los datos y realizar tratamientos estadísticos sobre el conjunto de datos de todos los grupos.

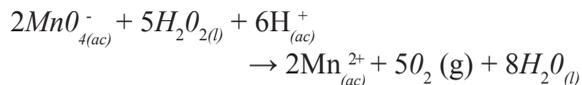
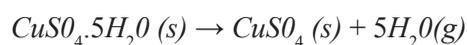
Las actividades realizadas, en cuatro sesiones de cuatro horas cada una, comprenden:

1) Charla sobre seguridad, conocimiento de las frases R y S (frases de riesgo y de seguridad), elaboración de pictogramas de seguridad y manejo del manual de reactivos provisto por Merck

para la elaboración de fichas de seguridad. También se solicita realizar un mapa del laboratorio y conocer las normas y compromisos de la Universidad sobre el manejo de residuos químicos.

2) Aprender a describir las características de materiales volumétricos, como pipetas, buretas y probetas. Hacemos énfasis en el manejo de las incertidumbres de estos materiales de medida y en la forma de expresar estos valores. Utilizando como pretexto la determinación de la densidad de una solución, preparan una solución acuosa de NaCl al 1% en masa para conocer su densidad, empleando una pipeta, una probeta y un picnómetro. Este contexto les permite aprender sobre el funcionamiento y uso de la balanza digital y la manipulación de sustancias, como también el manejo de protocolos generales para preparar disoluciones. Reuniendo los datos de densidad de todos los grupos (asumiendo que todos prepararon una disolución exactamente al 1%) realizan un tratamiento estadístico para seleccionar el mejor material para la medida de densidad: se sacan promedios, desviaciones estándar, coeficientes de variación e intervalos de confianza. Con el rechazo de datos mostramos que hay formas de saber si los datos de un científico pueden ser validados por una comunidad o por el contrario se le obliga a revisar su trabajo.

3) Estudio de los cambios químicos mediante dos reacciones sencillas y conocidas: la descomposición térmica del sulfato de cobre pentahidratado y la titulación del peróxido de hidrógeno en medio ácido, con permanganato de potasio.



Con el sulfato de cobre involucramos al estudiante en la determinación de fórmulas químicas y en la evaluación de métodos experimentales; con este propósito, aquí también realizamos un trabajo estadístico y discutimos la ley de conservación de la materia.

4) Estudio termodinámico de las reacciones químicas:

Esta fase es conducida con una guía (constructivista) elaborada por Molina y Farías (2009).

Segunda Fase: Al iniciar el curso los estudiantes son informados sobre el problema experimental que deben abordar, y cómo la primera fase es sólo una etapa de “entrenamiento”, en la quinta sesión de laboratorio inician la resolución de un problema práctico, que se completa en tres sesiones.

Problema: ¿Qué cantidad de bicarbonato de sodio hay en una pastilla de Alka-Seltzer®?

Esta fase será descrita más ampliamente en la sesión de resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la primera fase:

La actuación del profesor en esta fase es fundamental, con el fin de desarrollar en los estudiantes los buenos hábitos de trabajo. Los más básicos son, el uso de la bata, las gafas, los guantes, el cuaderno de laboratorio, la toma adecuada de datos, entre otros. Por ejemplo, si el estudiante usa una pipeta aforada de 10 mL debe entender que la tolerancia de la pipeta es importante para

reportar el dato, así como anotar las características del material. La forma correcta de tomar ese apunte podría ser: 10,00 mL +/- 0,03 mL.

De otro lado, las discusiones pre y pos-laboratorio importantes en esta fase porque enfocan al estudiante en un trabajo activo.

Las actividades pre-laboratorio aunque son de estilo expositivo ponen en alerta al estudiante, lo centran y estructuran en las actividades que debe realizar; dan dirección sobre lo más importante de la actividad a desarrollar, indican los errores más comunes que no deben repetirse, invitan a los estudiantes a revisar los datos luego de ser tomados para que no se limiten a llenar casillas sino a tener el hábito de analizar cada dato tomado.

El pos-laboratorio conduce a tener una buena interpretación de los datos, a revisar el cuaderno de notas de laboratorio para poner en evidencia los errores cometidos (sistemáticos y de operación), pero sobre todo busca relacionar cada acción con un efecto en los resultados. La intención es crear una habilidad crítica en los estudiantes. Evaluamos el significado de los datos individuales respecto a los del grupo en general para dar una importancia particular a cada dato. Esto crea ambientes positivos por el reconocimiento del trabajo y por las relaciones que se crean en todo el grupo.

De la segunda fase:

Cuando nos involucramos en innovaciones didácticas, entramos tan convencidos sobre la necesidad de hacerlo y creemos que a todos les va a interesar participar, sin embargo nos encontramos con sorpresas que nos llevan a plantear las siguientes consideraciones:

Debe existir una comunicación más activa

con el laboratorista (persona encargada del laboratorio, su función es suministrar materiales y reactivos), pues a diferencia de las actividades de receta donde todo ya está dicho, en las actividades de investigación, incluso en las prácticas guiadas, existen cuestiones que generan incertidumbre y surgen imprevistos. Además, las sesiones se pueden prolongar un poco más y demandar trabajo adicional del laboratorista.

Sobrellevar las molestias ocasionadas a otros profesores o a quien le incomode la nueva metodología. Esto puede presentarse porque se ve amenazada la forma de trabajo habitual, pues alguien que tiene otras ocupaciones no desearía emplear más tiempo del que viene utilizando en preparar y hacer una práctica de laboratorio.

Mejorar la comunicación con los estudiantes debido a que la guía no describe todo y deja planteamientos abiertos. También el proyecto demanda mayor tiempo de atención personalizada.

Superando las anteriores cuestiones, los estudiantes desarrollan un trabajo práctico experimental mediante proyectos distribuido en tres sesiones.

Al presentar el problema, los estudiantes ya se han enfrentado previamente a una metodología de resolución de problemas resumidas a continuación (aportes tomados de García, 2003):

- ¿Qué conceptos reconoce en el problema?
- ¿Qué interrogantes surgen al leer el problema?
- Reescribir el problema con sus propias palabras
- Hacer una lista de los conceptos teóricos que se necesitan para resolver el problema y sus definiciones.
- Hacer una lista de los sub-problemas que surgen

- Realizar un esquema de resolución y una figura que lleve a la solución del problema. Puede plantear más de una solución y luego seleccionar la más adecuada.
- Plantear qué datos se deben recoger y qué se esperaría obtener.
- Plantear una lista de preguntas alrededor de la planificación y de su solución.

En este sentido, es necesaria la presentación previa de ejemplos de problemas de lápiz y papel, sobre lo cual se ilustra a continuación:

a) En un laboratorio de análisis químico se confundió la etiqueta de tres líquidos, que corresponden a etanol, metanol y propanol. A usted le piden que etiquete los líquidos de forma correcta basado en los conceptos aprendidos hasta el momento, describa la metodología para realizar la actividad (consulte las propiedades de los tres líquidos).

b) Las soluciones acuosas de permanganato de potasio se descomponen fácilmente con la luz, por lo cual su concentración cambia constantemente. Explique químicamente la descomposición del permanganato de potasio.

c) En el laboratorio, usted posee una disolución de KMnO_4 de concentración desconocida y se le pide que determine su concentración. Describa el procedimiento para resolver este problema utilizando los conocimientos aprendidos hasta aquí, teniendo en cuenta que para la resolución experimental se establece un desafío adicional: **no puede emplear ningún tipo de material volumétrico**. Plantee la situación teniendo en cuenta que se le asignan como máximo 10 g de muestra de peróxido de hidrógeno del 4% en masa y 1 g de permanganato de potasio y puede disponer de ácido sulfúrico 12 M.

Estos son problemas de las sesiones 2 y 3 que aparecen en el Manual de Laboratorio del curso (Molina y Farías, 2009). De cada problema se hizo una discusión para socializar las diferentes propuestas, ver las ventajas y desventajas, discutir los datos que se tomarían y la forma de procesar los datos. La participación de los estudiantes en todos los casos fue activa, se confundían un poco en los pasos seguidos para resolver los problemas pero finalmente encontraban la forma adecuada para enfrentar el problema. Se observó que los estudiantes deseaban llegar de “un solo paso” a la solución del problema, sin pasar por la interpretación y el planteamiento de hipótesis, lo que podría considerarse como una “*concepción alternativa*” sobre la estrategia misma de resolución de problemas en Ciencias.

Socialización del procedimiento experimental:

Sobre el cuestionamiento, ¿*Qué cantidad de bicarbonato de sodio hay en un Alka-Seltzer®?* los estudiantes discutieron en conjunto y por grupos de laboratorio llevaron sus propuestas. Por ello la propuesta, aparte de ser una metodología de aprendizaje, se convierte en una forma de generar relaciones sociales y de cohesión importantes.

Las propuestas presentadas por los estudiantes fueron (siguiendo el formato del **anexo 1**):

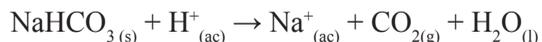
Disolver una cantidad de Alka-Seltzer® en agua y por diferencia de masa determinar la cantidad de bicarbonato de sodio.

Realizar el mismo procedimiento pero recoger sobre agua el gas generado.

Estas dos propuestas surgen de las propiedades del bicarbonato de sodio como: se descom-

pone en dióxido de carbono al entrar en contacto con un medio ácido. Los estudiantes tenían entre sus presupuestos, el efecto del ácido cítrico presente en el Alka-Seltzer, sin embargo por experiencia sólo con agua, podemos inferir que no se desplaza la reacción completamente hacia el desprendimiento de gas. Por ello, se tiene en cuenta usar un ácido para asegurar que se efectúe la reacción completamente. Se utilizaron dos ácidos: el ácido acético y el ácido clorhídrico para fines de comparación del efecto de la fuerza del ácido en la reacción. Un estimativo de la cantidad de ácido

a utilizar parte del conocimiento de la reacción:



El trabajo de los estudiantes se efectúa en un ambiente de colaboración e interés por cada paso de la actividad. Los estudiantes se involucraron de lleno en la actividad y ejecutaron un trabajo arduo, entre repeticiones y determinaciones confiables llegaron a desarrollar hasta treinta experimentos. A continuación pueden apreciarse algunas imágenes de los estudiantes en el laboratorio.



Figura 1. Adición de ácido y fracciones de tableta utilizadas.



Figura 2. Métodos de la pérdida de masa recolección de gases.

Para asegurar que la reacción se efectúe totalmente, el ácido debe estar en exceso; con la adición progresiva se observa el efecto de cambiar la cantidad de ácido. Así fue posible construir una curva de reacción: la cantidad de bicarbo-

nato de sodio en función del volumen de ácido adicionado. La curva confirma que el trabajo se desarrolle en la zona de reactivo limitante para el NaHCO_3 y que por tanto, la cantidad de CO_2 producido sólo la determina este reactivo. Esta

es una aplicación muy ilustrativa del concepto de reactivo limitante y reactivo en exceso, además de que podemos manipular las reacciones para que se dirijan en el sentido deseado (equilibrio químico). Un ejemplo puede verse en la figura 3.

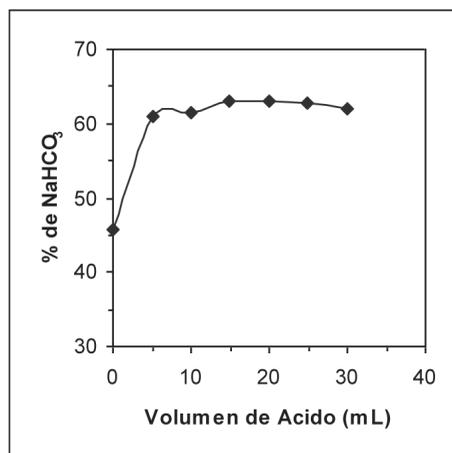


Figura 3. Porcentaje de bicarbonato de sodio en un Alka-Seltzer® en función del volumen de ácido acético (vinagre).

Adicionalmente, se observó que con 5 mL de ácido (como fuente de ácido acético se utilizó vinagre, aproximadamente 0,8 M) se alcanza el punto estequiométrico, con lo cual se verifica que la reacción se desarrolla de manera completa.

Actividad para la comunicación de resultados.

Una de las características de la enseñanza por investigación es la elaboración de informes o memorias, con lo cual se desarrollan habilidades de comunicación escrita. Con el ánimo de emplear la forma de comunicación científica, los estudiantes elaboraron su informe en forma de artículo siguiendo las normas de escritura de una revista dedicada a divulgar trabajos de investigación experimental en química. Tomamos como

ejemplo la Revista Colombiana de Química, con el usual esquema de: título, resumen, introducción, metodología, resultados y discusión, conclusiones y bibliografía. Cada “artículo” contó con un trabajo de interacción profesor-estudiante, encaminado a corregir cuestiones conceptuales y mejorar la presentación.

En esta etapa, se encontró que algunas dificultades subyacen tanto en el manejo de las herramientas informáticas y en la redacción del “artículo”, como en la poca habilidad crítica de los resultados; muchos estudiantes se dedicaron únicamente a presentar sus resultados sin realizar un análisis profundo sobre los mismos y sus relaciones con el método experimental utilizado.

CONSIDERACIONES FINALES

La incorporación de una nueva metodología en el laboratorio basada en un modelo de resolución de problemas, más allá de ser una solución a los problemas de la educación en química, constituye una estrategia de aprendizaje que permite la identificación de nuevos problemas en la adquisición de conceptos y procedimientos científicos, pues revela los múltiples obstáculos o dificultades para cambiar actitudes de trabajo rutinarias y poco favorables para el aprendizaje de la ciencia. Sin embargo, como educadores de química tenemos, entre otras, la obligación moral de convertirnos en generadores de cambios curriculares. Con la implementación de los proyectos de laboratorio, soportados en el modelo didáctico de aprendizaje por investigación, y con el desarrollo del trabajo sobre dos fases con intenciones cognitivas claras, consideramos que se logran cambios importantes en la formación

de una nueva generación, inquieta y crítica de su entorno de aprendizaje, una población inclinada a aplicar la investigación en cuestiones y problemas del desarrollo práctico de su profesión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Domin, D. S.** (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 4, 543-547.
- Fariás, D. M. y Molina, M. F.** (2005). Conocimiento de la importancia del trabajo experimental en la Enseñanza de la Química. En: *Memorias del 2º congreso sobre formación de profesores de Ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. 145-146.
- Fuentes, B. y García, F.** (2010). El alumnado, el gran héroe en pequeños trabajos de investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (1), 93-106. En: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen7/Numero_7_1/Gallego_y_Borras_2010.pdf
- García, J. J.** (2003). *Didáctica de las ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Cooperativa editorial Magisterio.
- Gil, D.** (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212.
- Good, H. G.** (1936). On the early history of Liebig's laboratory. *Journal of Chemical Education*, 13, 557-562.
- Hofstein, A.** (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation and research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5, 247-264.
- Molina, M. F. y Fariás, D. M.** (2009). *Manual de trabajos prácticos de laboratorio de química básica. Un enfoque de investigación*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Molina, M. F., Fariás, D. M. y Casas, J. A.** (2006). El trabajo experimental en los cursos de química básica. En: *Memorias del I coloquio Nacional de Investigación e Innovación en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad Católica de Colombia.
- Sanger, M. J.** (2008). How does Inquiry-Based Instruction affect teaching majors' views about the teaching and learning science? *Journal of Chemical Education*, 85, 297-302.

ANEXO 1.
FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DEL “PROYECTO”

**TEMA: ESTUDIO ESTEQUIOMÉTRICO
DE UNA REACCIÓN QUÍMICA.**

QUÍMICA BÁSICA. FORMATO DE PRE-LABORATORIO DE “PROYECTOS”.	
1. “INVESTIGADORES”: 2. GRUPO No.:	3. PROBLEMA O TÍTULO.
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	
5. REACCIONES QUÍMICAS INVOLUCRADAS.	
6. REACTIVOS Y CANTIDADES NECESARIAS. (masa o volumen) En el cuaderno deben aparecer consignadas las fichas de seguridad.	7. DISOLUCIONES. VOLUMEN Y CONCENTRACIÓN.
8. MATERIAL. TIPO Y CANTIDAD.	9. EQUIPOS Y MONTAJES.
10. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO. AL RESPALDO.	
11. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD MÁS IMPORTANTES.	
12. TRATAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS.	
OBSERVACIONES: Vo. Bo.	

Ideas para el aula

BIOTRANSFORMACIÓN Y CROMATOGRAFÍA

**Roxana Aciar,^{1,2} Soledad Ravetti,³ Silvia Diez,² Daniela Bustos,^{1,2}
Jorge Allendes,^{1,2} Liliana Matus,² Noelia Santandreu,^{1,2} Melisa
Rosa,^{1,2} Daniel Bustos^{1,2}**

⁽¹⁾Instituto de Cs. Básicas, FFHA, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. ⁽²⁾Dpto. Física y Química, FFHA, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. ⁽³⁾Dpto. Farmacia, Fac. Cs. Qcas, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
e-mail: raciar@sinectis.com.ar

Resumen

Se presenta un Trabajo Práctico que tiene como uno de los principales objetivos impulsar las acciones tendientes a enriquecer la habilidad de observación, análisis e interpretación de resultados obtenidos de la aplicación de la técnica de Cromatografía en Capa Delgada (CCD) a sustancias que se generan a partir de transformaciones enzimáticas que experimenta un sustrato base por la acción de un microorganismo, y por otro lado lograr que los estudiantes valoren la investigación que se desarrolla en el Instituto de Ciencias Básicas (ICB) de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes (FFHA) de la Universidad Nacional de San Juan. Asimismo resaltar la importancia y los beneficios de trabajar en equipo que en nuestro caso se establece con investigadores de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

Palabras Claves: Cromatografía en Capa Delgada - Biotransformación enzimática

Biotransformation and Chromatography

Abstract

A Practical Work is presented, which has as one of the main objectives to promote in students the capacity for observation, analysis and interpretation of results obtained from the implementation of the thin layer chromatography (TLC) technique to substances generated from enzymatic transformations experienced by a substrate by the action of a microorganism, and secondly to ensure that students value the research developed at the Instituto de Ciencias Básicas (ICB) de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes (FFHA) de la Universidad Nacional de San Juan, through the project: "Transformation of natural sesquiterpenes using microorganisms." Also estimate the teamwork that is established with researchers from Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

Keywords: Thin Layer Chromatography, Enzymatic Biotransformation

INTRODUCCIÓN

Con el presente trabajo se pretende realizar un aporte a los profesores de química y sobre todo a aquellos que se encuentran en el área de la orgánica alifática, facilitando un Trabajo Práctico (TP) (que figura en Anexo adjunto) que puedan implementar directamente con sus alumnos. Uno de los principales objetivos de dicho TP ha sido motivar a los alumnos de primer año de la carrera Profesorado en Química, de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes en la metodología que desarrollan los investigadores del Instituto de Ciencias Básicas en el área de la química y promover el desarrollo de valores y actitudes en el ámbito de la investigación.

Para llevar adelante este trabajo es importante tener presente algunas consideraciones que se describen a continuación:

- ✓ El alumno debe tener conocimientos básicos sobre cromatografía.
- ✓ Se trabaja en el presente laboratorio con sustratos que son productos de las biotransformaciones que se llevan adelante en el grupo de Investigación del Área Química del Instituto de Ciencias Básicas de la FFHA, de la Universidad Nacional de San Juan.
- ✓ El trabajo de elucidación estructural que se desarrolla en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba, se les detalla en la metodología, sin que los alumnos lo puedan apreciar, por no contar con los equipos necesarios en la provincia, tales como el de espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y de Infrarrojo (IR).

METODOLOGÍA

Se trabajó con un grupo de 15 alumnos de primer año del año 2010 de la materia Química Orgánica Alifática del Profesorado de Química de la FFHA de la UNSJ.

Antes de comenzar con la práctica propiamente dicha, se les detalló que la Facultad cuenta con un Instituto de Ciencias Básicas, con tres áreas de investigación: Química, Matemática y Física, donde se desarrollan proyectos de investigación, vinculándose los del área de la Química a la industria farmacéutica y al sector agroalimentario.

A partir de los interrogantes manifestados por los alumnos respecto de las actividades de investigación, se decidió mostrarles las instalaciones de microbiología y química orgánica y el equipamiento involucrado para la obtención de los sustratos a utilizar en la clase práctica en la que implementarán la técnica de cromatografía.

Se les aclaró asimismo que el Trabajo Práctico (TP) tiene dos partes: una que desarrollan los investigadores en el Instituto (que a su vez son los docentes de Química Orgánica Alifática), descrita en el ítem 3 METODOLOGÍA, apartado A- PARTE MICROBIOLÓGICA y la otra la que ellos trabajarán en el apartado B- PARTE QUÍMICA.

Asimismo se les explicó que la elucidación estructural de los nuevos metabolitos productos de la transformación enzimática que llevan adelante los hongos filamentosos, se debe al trabajo interdisciplinario y con una visión de integración que han logrado los investigadores de ambas provincias, San Juan y Córdoba, pudiendo de esta manera conseguir logros que en forma individual resultarían casi imposibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La experiencia lograda a través de la implementación del trabajo práctico resultó muy provechosa dado que si bien los alumnos desconocían el tema biotransformaciones, al interiorizarse por los detalles puestos de manifiesto en la introducción del práctico de laboratorio como así también las explicaciones de los docentes de la asignatura; permitió por un lado que los estudiantes adquieran las habilidades de la técnica de cromatografía delgada en una temática aplicada y sobre todo destacando el trabajo que realizan los investigadores en su propia área de estudio, y por otro que dos alumnos del grupo involucrado solicitaron incorporarse como adscriptos al Proyecto: “Hongos Fitopatógenos: su importancia como fuente de catalizadores biológicos (enzimas); su incidencia en la producción vitícola de la provincia de San Juan”. Aprobado y subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Juan, desde

donde se realizaron los aportes de los sustratos analizados y comparados en el trabajo práctico.

Por otra parte cabe mencionar que el presente trabajo resultaría tener menor grado de dificultad para su aplicación en aquellas Facultades, Universidades o Centros de Investigación que realicen investigaciones en Biocatálisis, sin embargo se puede llevar adelante en otros ámbitos de investigación teniendo en cuenta las consideraciones finales.

Nota: Puede contactarse por cualquier duda o pedido de sustancias para el éxito de la implementación del trabajo práctico en su Universidad, con los siguientes Docentes – Investigadores: Esp. Prof. Roxana Aciar raciar@sinectis.com.ar (UNSJ – Argentina), Dra. Soledad Ravetti sravetti@gmail.com (UNC – Argentina), o Dr. Daniel Bustos dabustoss@yahoo.com.ar (UNSJ – Argentina).

ANEXO

TRABAJO PRÁCTICO

Biotransformación y Cromatografía

1- OBJETIVOS

- a) Aplicar la técnica de Cromatografía de Capa Delgada (CCD) como criterio de pureza e identificación de compuestos químicos, de gran importancia biológica, que se generan a partir de transformaciones enzimáticas que sufre un sustrato base por la acción de un microorganismo.
- b) Calcular valores de relación de frentes (R_f) de las sustancias cromatografiadas, correlacionarlos a la selección adecuada del eluyente y, deducir la relación que existe entre la polaridad de las sustancias que se analizan y la de los eluyentes utilizados.

2- INTRODUCCIÓN

I- Antecedentes de biotransformaciones:

La utilización de microorganismos como biocatalizadores altamente eficientes nos remonta atrás en el tiempo en que antiguas civilizaciones aprendieron a hacer vinagre, vino y queso. En tiempos modernos, nuestra civilización ha ampliado su relación amistosa con los microorganismos, no sólo a través de su utilización como única fuente para la producción de antibióticos indispensables y hormonas esenciales sino también desarrollando su uso como biocatalizadores regio y estereoespecíficos en la síntesis de muchos compuestos químicos importantes y farmacéuticos.

II- Definición de biotransformación y utilidades:

Es necesario detenerse por un momento en el concepto de biotransformación, para definirla como, una reacción química catalizada por microorganismos o por preparaciones de enzimas derivadas de ellos. Se puede definir también, como un proceso biológico por el que un compuesto orgánico es modificado a un producto que posteriormente puede ser aislado, mediante reacciones sencillas, químicamente definidas, catalizadas por enzimas contenidas en las células. En las biotransformaciones muchas enzimas aceptan además de sus sustratos naturales, sustratos extraños, pero compuestos estructuralmente relacionados, y por lo tanto catalizan reacciones “no naturales” con sustratos suministrados al medio (compuestos xenobióticos). Los productos de la reacción que ya no son degradados se acumulan en el medio, de donde pueden ser aislados.

Cabe mencionar que un compuesto xenobiótico (“xeno”=extraño, “bio”=vida), es un compuesto cuya estructura química en la naturaleza es poco frecuente o inexistente debido a que son compuestos sintetizados por el hombre en el laboratorio.

Hay muchas maneras diferentes para explotar enzimas y microorganismos para llevar a cabo un rango diverso de biotransformaciones. Teniendo la capacidad de llevar a cabo bioconversiones con enzimas aisladas y células enteras, todo el rango está disponible para el experimentador. Dichas bioconversiones pueden ser usadas para preparar nuevos intermediarios para la

síntesis de importantes químicos. El trabajo de investigación y desarrollo se puede dividir en tres categorías: 1) reacciones de hidrólisis, 2) reacciones de oxidación y reducción y 3) reacciones involucrando formación de enlace C-C, C-N, C-halógeno y C-O, con particular énfasis en la química de carbohidratos. Reacciones de la categoría 1 y 3 son generalmente llevadas a cabo usando enzimas aisladas. Reacciones de la categoría 2 son más a menudo realizadas usando sistemas de células enteras.

Las biotransformaciones se han empleado para llevar a cabo reacciones que son difícilmente o del todo no factibles por métodos químicos puros. Los problemas sintéticos típicos que han sido resueltos por biotransformaciones han sido los siguientes: introducción de un centro quiral en una molécula, resolución de mezclas racémicas (racematos), conversión selectiva de un grupo funcional particular en varios grupos con reactividades similares, funcionalización regioselectiva de un carbono específico no activado y reacciones bajo condiciones moderadas.

Hoy en día los microorganismos son utilizados, como reactivos químicos para la preparación de intermediarios claves, necesarios en síntesis orgánica (por ejemplo, ácido 6-aminopenicilánico por desacilación microbiana de penicilinas G y V, para uso en la síntesis de penicilinas semisintéticas) o para la producción económica de productos finales, especialmente hormonas esteroideas. Las biotransformaciones con éxito de esteroides proporcionaron un impulso al desarrollo de muchas transformaciones que han operado o están todavía operando en la industria, tales como agentes antitumorales naturales y semisintéticos, resolución de mezclas racémicas de aminoácidos y preparaciones de ácidos orgánicos.

La necesidad de una producción masiva de muchos de estos productos resultó en el desarrollo de una nueva área en biotecnología únicamente preocupada por el diseño y operación de biorreactores a escala industrial, y cuyo principal objetivo es asegurar tanto la economía como la calidad de la producción. En dichas aplicaciones, los microorganismos pueden ser utilizados como células enteras, o como fuentes de preparaciones de enzimas libres. Tanto las células como las enzimas pueden ser utilizadas de forma libre o inmovilizada.

Los “modelos microbianos” son útiles para predecir, y a veces necesarios para preparar, los metabolitos derivados de las drogas administradas a los animales y al hombre.

Es decir entonces, que los “modelos microbianos del metabolismo de mamíferos” pueden ser definidos como el uso de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) para facilitar el estudio de biotransformaciones de xenobióticos en mamíferos, incluyendo el hombre.

En 1974, Smith y Rosazza introdujeron primero el concepto de utilizar microorganismos como “modelos microbianos del metabolismo de mamíferos”. Mientras llevaban a cabo la hidroxilación microbiana de sustratos aromáticos, Smith y Rosazza notaron similitud entre metabolitos microbianos y aquellos obtenidos de sistemas de mamíferos. Ferris et al. (1973) también utilizaron el hongo *Cunninghamella bainieri* para metabolizar compuestos aromáticos y para obtener un número de metabolitos similares a aquellos detectados en sistemas de mamíferos. Ellos sugirieron que los hongos exhibían “monooxigenasas”, con actividad similar a la de los microsomas del hígado. Por lo tanto, la suposición detrás del concepto de modelo microbiano,

introducido por Smith y Rosazza es el hecho que hongos y mamíferos son ambos organismos eucariotas y que probablemente comparten una maquinaria enzimática muy similar para la mayoría de las funciones fisiológicas. Por lo tanto, el resultado del metabolismo xenobiótico, entre muchos otros procesos bioquímicos, se espera que sea muy similar tanto en sistemas fúngicos como de mamíferos.

Los metabolismos microbianos muestran distintas ventajas que los hacen atractivos en caso de ser utilizados como predictivos en modelos *in vitro* para estudios de metabolismo inicial. Las mayores ventajas son: a) de fácil diseño experimental, b) pueden producir cantidades significativas de metabolitos por bioconversiones a gran escala para determinar la estructura y pruebas biológicas, c) la habilidad de los sistemas microbianos de ofrecer pasos de bioconversión simples o múltiples, y d) reducen costos sobre sistemas de mamíferos. En adición, el número de animales de investigación necesarios para la evaluación de perfiles metabólicos de xenobióticos pueden ser significativamente reducidos cuando los microorganismos son usados como modelos predictivos. Una disminución en el número de animales usados será beneficiosa tanto para los puntos de vista económicos como humanitarios.

Otra faceta de las transformaciones microbianas abarca la degradación de los fungicidas, insecticidas y herbicidas. Aquí el objetivo no es preparar productos útiles, recuperables, sino sembrar áreas contaminadas con microorganismos capaces de convertir sustancias contaminantes en compuestos inocuos, a veces anhídrido carbónico y agua, en un intento de mejorar el ambiente. Este proceso es más comúnmente conocido como biorremediación.

La tecnología de biotransformación ha probado ser una herramienta útil adicional en síntesis orgánica.

III- Aspectos generales de las biotransformaciones:

Las células microbianas, de plantas o de animales pueden suministrar las enzimas para la transformación, pero los microorganismos superan a las células de las plantas y de los animales en varios aspectos. Su alta relación superficie-volumen les confiere un crecimiento rápido y altas velocidades de metabolismo, que conducen a la eficiente transformación de los sustratos que se les añaden.

Otra gran ventaja es que, las células microbianas son más fáciles de crecer en un medio de cultivo que las células de animales y de plantas. Esto es en parte el reflejo de la combinación de una pared celular pequeña y efectiva, dándole a las células microbianas una gran fuerza mecánica. Esto las hace más resistentes que las células de animales y plantas a las diferentes técnicas de cultivo rigurosas. Hay sin embargo, algunos tipos de microorganismos (Ejemplo: anaeróbicos obligados y patógenos peligrosos) que requieren especiales cuidados de crecimiento, haciéndolos no aptos como agentes de biotransformación, excepto en laboratorios equipados con los requerimientos necesarios. Además, el rango de sustratos que pueden ser metabolizados por células microbianas, es más extenso que los rangos para células de plantas y animales.

Las enzimas son biocatalizadores que aceleran la reacción de la misma forma que un catalizador químico. La propiedad sobresaliente por la que los biocatalizadores son distinguidos favorablemente de los catalizadores químicos comunes es su alta especificidad, no solo respecto

a la reacción que catalizan sino también respecto a la estructura e incluso la estereoquímica del sustrato que aceptan y el producto que forman. Además, altas tasas de reacción se obtienen bajo condiciones de reacción moderadas, debido a un descenso significativo de la energía de activación de las reacciones químicas en el complejo enzima-sustrato.

Las enzimas seleccionadas para llevar a cabo las biotransformaciones son sintetizadas por las células de los organismos vivos. Pueden utilizarse las enzimas, o en realidad, las células de grupos de organismos particulares como bacterias, levaduras y hongos filamentosos. Con las enzimas, los microorganismos son capaces de ejecutar un vasto número de reacciones químicas esenciales en el mantenimiento de las funciones vitales de la célula, incluyendo crecimiento y reproducción. Los microorganismos emplean dichas reacciones catalizadas por enzimas, las cuales están bien organizadas en pasos metabólicos para la degradación o síntesis de una gran variedad de compuestos químicos. Los nutrientes son degradados en pasos catabólicos produciendo energía y pequeñas moléculas como bloques de construcción para el metabolismo anabólico. La energía provista por los pasos de degradación exotérmica se necesita para el mantenimiento de la viabilidad y para soportar el metabolismo anabólico endotérmico en donde son sintetizados todos los constituyentes necesarios para el crecimiento y propagación celular.

Existen básicamente dos estrategias para llevar a cabo biotransformaciones, o bien usando enzimas puras o parcialmente puras aisladas por el investigador o adquiridas de un distribuidor comercial, o utilizando células enteras.

Hay cuatro formas alternativas principales de

biocatálisis por células enteras microbianas que pueden considerarse: *cultivos con células en crecimiento*, *cultivos con células en reposo*, *cultivos con esporas* y *cultivos con células inmovilizadas*. En los *cultivos con células en crecimiento*, el sustrato se agrega al medio al mismo tiempo de la inoculación del microorganismo o durante una etapa posterior del crecimiento microbiano, por lo tanto crecimiento y biotransformación ocurren simultáneamente. La mayor ventaja de esta técnica es su fácil manejo, que la hace adecuada para largas series de experimentos de screening. Los tiempos de incubación son cortos y está el potencial para la inducción de la actividad de la enzima deseada durante el crecimiento en presencia del sustrato. Por otro lado, si el sustrato ejerce un efecto inhibitorio en el crecimiento microbiano, la adición debe ser pospuesta hasta que el crecimiento ha cesado. El aislamiento y la purificación de los productos mediante este proceso pueden ser dificultosos debido a la presencia de otros metabolitos producidos por el microorganismo a partir de componentes del medio. Los *cultivos con células en reposo*, minimizan estos problemas. Las células se remueven del medio de crecimiento en la etapa en que las células tienen el potencial óptimo de llevar a cabo la biotransformación deseada, determinado a priori. Luego las células y el sustrato a ser biotransformado son suspendidos en una solución buffer a un pH óptimo. Los *cultivos con esporas*, debido a que estas son una forma resistente producida por las células de algunos microorganismos para sobrevivir a circunstancias adversas del medio ambiente, pueden ser incubadas en ausencia de nutrientes permaneciendo en estado de dormancia promoviendo biotransformaciones durante largos períodos de tiempo (más de 30 días). El

uso de cultivo de esporas está restringido a microorganismos que producen grandes números de esporas fácilmente cosechables. En los *cultivos con células inmovilizadas*, una vez que las células han alcanzado la etapa de crecimiento potencial óptimo para llevar a cabo la biotransformación deseada, determinada a priori, las células son cosechadas por filtración o centrifugación. Luego, son lavadas para eliminar residuos del medio de crecimiento e inmovilizadas en una matriz polimérica y resuspendidas con el sustrato en una solución buffer apropiada. En el presente trabajo se decidió realizar cultivos con células en crecimiento y en reposo.

La cromatografía fue descubierta por el botánico ruso, de origen italiano, Mijaíl Tswett en 1906, pero su uso no se generalizó hasta la década de 1930.

La cromatografía es una técnica de separación de solutos de una mezcla, que se basa en la diferente velocidad con que se mueve cada uno de los solutos a través de un medio poroso, arrastrados por un disolvente en movimiento. A este disolvente se le llama fase móvil y el medio poroso puede ser la fase estacionaria, o bien servir de soporte a esta fase. Se habla de cromatografía en columna cuando la fase estacionaria o su soporte están contenidos en una columna.

La separación cromatográfica constituye un proceso dinámico que permite un intercambio continuo por desplazamiento de una fase con respecto a la otra. El diferente reparto de solutos entre las fases móvil y estacionaria, es la causa de la separación de los solutos. El soluto que tiene mayor afinidad por la fase estacionaria, se moverá con mayor lentitud.

La fase móvil se llama eluyente. Cuando emerge por la salida de la columna se llama

eluato. El proceso que consiste en hacer pasar un líquido o un gas a lo largo de la columna de cromatografía se llama elución. El volumen de elución (ve) es el volumen de fase móvil que se requiere para eluir un soluto dado de la columna cromatográfica.

Clasificación de la Cromatografía:

Existen muchas maneras de clasificar los métodos cromatográficos:

- 1) Según su fase móvil se clasifica en:
 - a) Cromatografía de gases, que puede ser a través de dos sistemas, gas- líquido y gas-sólido.
 - b) Cromatografía líquida donde el eluyente es un líquido y puede ser líquido-líquido, líquido-sólido.
- 2) Por el mecanismo de retención-separación, es decir el tipo de equilibrio implicado en la transferencia de los solutos entre las fases la cromatografía puede ser de:
 - a) Reparto.
 - b) Adsorción.
 - c) Exclusión.
- 3) Según la forma de contacto entre las fases se denomina:
 - b) De columna.
 - c) Superficie plana.
- 4) También se puede clasificar teniendo en cuenta la fase estacionaria, la dimensionalidad, escala física y gradientes.

Técnicas cromatográficas:

Según el dispositivo utilizado para conseguir el contacto entre la fase móvil y la estacionaria, se distinguen dos técnicas:

Columna	<p>La fase estacionaria se sitúa dentro de una columna. Según el tipo de fluido empleado como fase móvil se distinguen:</p> <p>a) Cromatografía de Líquidos (LC) b) Cromatografía de Gases (GC) c) Cromatografía de fluidos supercríticos (SFF)</p>
Plana: El soporte es una placa plana o los intersticios de un papel	Capa fina (CCF)
	Papel (partición)

Cromatografía de Reparto:

Esta técnica está basada en la separación o reparto de una mezcla de solutos entre la fase móvil (disolvente) y la fase estacionaria soportada sobre un sólido adecuado, de acuerdo con las distintas solubilidades de estos solutos en ambas fases. Si el disolvente es un líquido se denomina cromatografía líquida. Son cromatografía de reparto, la cromatografía en papel y la CCD.

La técnica de cromatografía en capa delgada (CCD) es una de las más comunes empleadas en un laboratorio de Química Orgánica. Entre otras cosas permite:

- ✓ Determinar el grado de pureza de un compuesto.
- ✓ Comparar muestras.
- ✓ Realizar el seguimiento de una reacción.
- ✓ Controlar el contenido de las fracciones obtenidas en cromatografía de columna.

La cromatografía en papel se utiliza para la separación de cantidades mínimas de soluto y también como un criterio de pureza. Se basa en la diferente velocidad con que se mueve cada uno de los solutos a través de una fase estacionaria que es el agua retenida sobre un soporte sólido e inerte (celulosa), arrastrado por un disolvente en

movimiento.

Una vez realizada la cromatografía, la posición de los componentes se determina mediante una técnica que permita “visualizarlos”. Es común revelar el cromatograma mediante reacciones que originen productos coloreados.

Los componentes de una mezcla se pueden identificar por su migración con respecto al solvente móvil en condiciones definidas en relación con el comportamiento de patrones. El cromatograma no es alterado por la presencia de otros solutos.

Se calcula la razón de migración del soluto con respecto a la fase móvil (*Relación de frentes, R_f*) que se compara con la de los patrones.

$$R_f = \frac{\text{distancia recorrida por el soluto}}{\text{distancia recorrida por la fase móvil}}$$

El R_f debe calcularse de acuerdo a la distancia recorrida por el soluto, desde su punto de partida hasta el punto medio de la posición de éste una vez corrida la cromatografía, y la distancia recorrida por la fase móvil, también medida desde el punto de partida del soluto hasta el frente del solvente en el papel.

Como los R_f son constantes en condiciones definidas y controladas permiten identificar los

componentes de una mezcla de solutos, en la medida que los R_f de muestras y patrones se obtengan en un mismo experimento.

3- METODOLOGÍA

A. PARTE MICROBIOLÓGICA

Información: Este procedimiento lo trabaja el equipo de Investigación del ICB previamente a su trabajo de laboratorio, y se ha expuesto en distintas etapas a saber:

Etapa 1

Se elige el microorganismo con el cual se trabajará, que generalmente de los géneros: *Aspergillus sp*, *Rizophus sp*, *Alternaria sp* y se lo inocula en el medio de cultivo seleccionado, que puede ser Medio Sabouraud, Medio de Czapek, Medio Papa entre otros.

Se lleva a agitación constante en shaker y sala de cultivo climatizado a 27 °C.

Etapa 2

Una vez que el hongo se ha desarrollado; hemos obtenido la biomasa.

Se extrae 1 mL de esa biomasa y se la inocula en un erlenmeyer que contiene el medio antes utilizado.

Se espera 2 o 3 días que vuelva a desarrollar y exprese su acción enzimática para agregarle el sustrato (**esta es una de las sustancias que Ud. cromatografiará y que denominaremos sustrato de partida**).

Etapa 3

Una vez transcurridas las 72 hs, se agrega al erlenmeyer que contenía el hongo y medio de cultivo, el sustrato para biotransformar.

Se espera que trabaje el microorganismo (en

nuestro caso el hongo) alrededor de 21 días.

Etapa 4

Muestreo y seguimiento:

Desde el 5^{to} día hasta el 21^{er} día se extraen muestras (unos pocos ml del erlenmeyer de la etapa 3) que se van cromatografiando para saber si el sustrato de partida fue biotransformado totalmente por el microorganismo.

Etapa 5

Aislamiento y purificación

Se sigue el procedimiento que se muestra en la Figura 1:

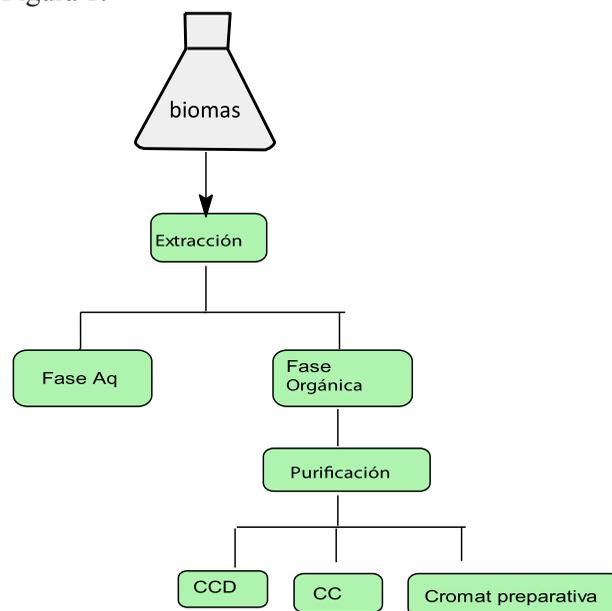


Fig. 1. Pasos del aislamiento y purificación de los compuestos biotransformados.

Sería conveniente enumerar inicialmente las etapas del TP de manera general para luego describir cada una.

El trabajo está redactado para un destinatario USTED, alumno de la asignatura. Los autores deben considerar que ahora, ud. es el LECTOR,

presumiblemente un Prof. de química. Por lo tanto, el trabajo debe ser claro en cuanto a cuáles son las tareas y actividades para los alumnos, con que objetivos y propósitos las realizan y cual es el rol que asume el profesor en el trabajo práctico. La o las sustancias producto de las distintas purificaciones son los sustratos o metabolitos biotransformados y serán los que Ud. deberá cromatografiar.

Las estructuras de estos nuevos compuestos se determinan por métodos espectroscópicos tales como resonancia magnética nuclear, infrarroja y de masa y punto de fusión.

B. PARTE QUÍMICA

Información: Este procedimiento será el que Ud. llevará adelante en el presente laboratorio teniendo en cuenta que se le entregará el sustrato de partida y uno o dos metabolitos biotransformados, siguiendo el trabajo que a continuación se detalla:

REACTIVOS Y MATERIALES

- Placas de sílica gel
- Capilares
- Cubas de cromatografía
- Pipetas Pasteur
- Pipetas de 5 ml
- Propipetas
- Pinzas pequeñas (tipo de depilación)
- Cuter
- Tijera
- Lápiz negro
- Vasos de precipitados
- Luz UV
- Plancha de calentamiento
- Solventes orgánicos: éter de petróleo – acetato de etilo

- Solución reveladora: p-anisaldehído

Etapa 1

Realizar la cromatografía de los compuestos entregados utilizando como solvente de corrida: acetato de etilo: éter de petróleo (7:3).

La cuba que puede utilizar es la mostrada en la Figura 2.



Fig. 2. Cuba para cromatografía y capilares.

Etapa 2

Marque el frente del solvente.

Revele con luz ultravioleta (UV), marque las manchas observadas con lápiz y posteriormente revele con p-anisaldehído. Figura 3.



Fig. 3. Revelado con luz UV.

Etapa 3

Calcule los Rf de las distintas sustancias.

Etapa 4

Dibuje en su informe el cromatograma desarrollado.

Etapa 5

Pida al equipo de cátedra la fórmula de las

distintas sustancias cromatografiadas y relacione las estructuras de las mismas con las manchas obtenidas en el cromatograma.

Etapa 6

Observe la intensidad de la coloración de las manchas.

¿Cuál es la relación que existe entre la intensidad de las manchas y la concentración?

Dibuje y compare los cromatogramas de los diferentes grupos de trabajo.

NOTAS

1) Para preparar las cromatoplasas se introducen dos portaobjetos juntos, limpios y secos, en una suspensión de gel de sílice al 35% en acetato de etilo (AcOEt).

Para mayor facilidad se pueden usar cromatofolios comerciales.

2) Para aplicar las soluciones a las cromatoplasas utilice capilares, que previamente deber ser estirados en la flama del mechero con el fin de que tengan el diámetro adecuado, como muestran las Figuras 4 y 5.

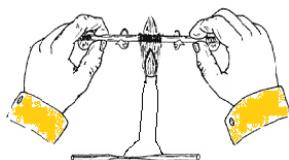


Fig. 4. Armado de capilares.



Fig. 5. Aplicación de la muestra en el cromatofolio.

3) **Precaución:** nunca mire directamente la luz

ultravioleta, ésta puede causar daños severos al ojo. Una vez revelada la placa, marque ligeramente con un lápiz el contorno de las manchas para mejor ubicación de las mismas.

4) Para mayor claridad de los resultados, incluya en su informe los dibujos de las cromatoplasas de todos los experimentos de esta práctica. Hágala del mismo tamaño de las placas.

ACTIVIDADES EXTRA-LABORATORIO

Señale cuál de las sustancias es la más polar y justifique su respuesta (JSR).

- 1) ¿Cuál de las dos sustancias, la más polar o la menos polar, recorre mayor distancia en la placa a partir del punto de aplicación? ¿Por qué?
- 2) Una vez calculados los valores de R_f ¿Qué significa que una sustancia tenga:
a) $R_f < 0,5$? b) $R_f = 0,5$? c) $R_f > 0,5$?
- 3) ¿Cuál será el resultado de los siguientes errores en cromatografía en capa fina?
a) Aplicación de solución muy concentrada.
b) Utilizar eluyente de alta polaridad.
c) Emplear gran cantidad de eluyente en la cámara de cromatografía.
- 4) ¿Qué tratamiento es necesario darle a la sílica gel para reutilizarla?

4- CONCLUSIONES

Anote sus propias conclusiones

5- BIBLIOGRAFIA

Fieser L. F. & Fieser Mary. (1967). Química Orgánica. Ediciones Grijalbo, S.A. Barcelona México.

Mc. Murry. (1993). Química Orgánica, Grupo Editorial Iberoamericana. México.

Pasto D. J. y Johnson C. R. (1974).

Determinación de Estructuras Orgánicas,
Editorial Reverté S.A: España.

Seyhan Ege. (2000). Química Orgánica
Estructura y Reactividad, Tomos 1y2, Editorial
Reverte S.A. Barcelona. España.

Streitwieser H. (1983). Química Orgánica.
Nueva Editorial Interamericana. México.

Vogel A. I. (1962). Text-book Practical Organic
Chemistry 3a. Edición. Edit. Longmans Londres
págs. 122-127.

Faber, K. (1997). Biotransformations in
organic chemistry. 3 ed. Berlin Heidelberg New
York: Springer.

**Patel, R. N.; Robison, R. S.; Szarka, L. J.;
Kloss, J.; Thottathil, J.K.; Mueller, R. H.**
(1991). Enzyme Microb. Technol. 13, 906-912.

**Roberts, S. M.; Casy, G.; Nielsen, M.-B.;
Phythian, S.; Todd, C.; Wiggins, K.** (1999).
Biocatalysts for Fine Chemicals Synthesis,
Wiley, New York,

**Romano A.; Romano D.; Ragg E.; Constantino
F.; Lenna R.; Gandolfi R.; Molinari F.** (2006).
Steroid Hydroxylations with *Botryodiplodia*
malorum and *Colletotrichum lini*. Steroids. 71:
429-434.

Ideas para el aula

EXPERIMENTO VIRTUAL DE QUÍMICA CON ALUMNOS DE PRIMER AÑO

Marta M. Luiz, Adelaida Avila, Marta S. Díaz, Rebeca Purpora, Virginia Pasotti y Marcela De Alba

Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería, (Sede Comodoro Rivadavia). Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Argentina
mluiz@unpata.edu.ar

Resumen

Los experimentos virtuales permiten la realización de prácticas sin necesidad de presencia física en los laboratorios, con las ventajas académicas, operativas y económicas que esto implica.

Con el objetivo de aplicar conceptos referidos a propiedades coligativas, alumnos que cursan Química de primer año de Ingeniería, realizaron un experimento virtual. Utilizando una simulación de Shockwave Flash Object (swf), disponible en internet (Greenbowe), determinaron el descenso crioscópico y ascenso ebulloscópico de varias soluciones a fin de calcular la masa molar de un soluto. Mediante una encuesta los alumnos expresaron su opinión, considerando de utilidad la experiencia para afianzar conceptos, y manifestando su preferencia por el laboratorio presencial tradicional, aunque un 30% optó por la modalidad virtual por su practicidad y rapidez. Consideramos el experimento virtual como un recurso complementario valioso para fomentar el aprendizaje constructivista, desarrollando en los estudiantes la capacidad de análisis, el pensamiento crítico y habilidades para la elaboración de resultados, presentación de informes etc.

Palabras clave: experimento virtual, propiedades coligativas

Virtual experiment in chemistry with first year students

Abstract

Virtual experiments allow students to do practical experiences without physical presence in real laboratories, with the academic, operational and economic advantages that this means.

In order to apply concepts about colligative properties, students who attend Chemical in first year of engineering, did a virtual experiment. Using a Shockwave Flash Object

(swf) simulation available on the internet (Greenbowe), they determined the freezing point depression and the boiling point elevation of several solutions. Then they used the experimental data to calculate the molar mass of a solute and reach conclusions. Through a survey students expressed their point of view. They expressed their preference for the traditional face-to-face lab, although 30% opted for the virtual mode for its convenience and speed. We consider the virtual experiment as a valuable additional resource to promote constructivist learning, developing in students the capacity for analysis, critical thinking and skills for doing reports.

Key words: virtual experiment, colligative properties

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el avance extraordinario de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), han generado profundos cambios de la educación en Ingeniería, propiciando el desarrollo de nuevas herramientas didácticas, estimulando el trabajo compartido e incluso cambiando la concepción clásica del proceso de enseñanza/aprendizaje (Singh, and Courtois 1999; Cabero 2007).

Desde hace varios años los alumnos manifiestan en las encuestas realizadas desde la Facultad de Ingeniería al finalizar la cursada de las asignaturas, la importancia de los experimentos de laboratorio para su aprendizaje de la Química.

Sin embargo, el número elevado de alumnos y la carga horaria asignada a Química, no nos permite incrementar el número de trabajos prácticos de laboratorio de manera que todos los contenidos tengan su aplicación práctica. Por ello, optamos por incorporar una experiencia de laboratorio con modalidad virtual, referida al tema propiedades coligativas, como complemento a la realización del trabajo áulico de problemas.

El experimento virtual además presenta varias ventajas como: disminución importante en

los tiempos de realización de las experiencias prácticas, la posibilidad de trabajar con disolventes no recomendables en los laboratorios convencionales debido a su elevada toxicidad, y el hecho de que la actividad pueda ser realizada desde cualquier computadora en cualquier momento (Baggio, 2009).

Las propiedades coligativas de las soluciones son de utilidad para determinar experimentalmente la masa molar de solutos desconocidos. Cualquiera de las cuatro propiedades (descenso relativo de la presión de vapor, ascenso ebulloscópico, descenso crioscópico o presión osmótica) puede servir para este fin.

En este práctico se propone determinar la masa molar del azufre, midiendo el descenso crioscópico de una solución del mismo en un disolvente orgánico y además comparar el ascenso de la temperatura de ebullición y el descenso de la temperatura de fusión de soluciones de solutos disociables y no disociables.

Aplicando las ecuaciones (1) y (2) donde las masas de soluto y disolvente son conocidas, se puede obtener MM.

$$(1) \quad \Delta t_f = K_f \cdot m$$

$$(2) \quad m = \frac{W_{sto}}{MM \cdot W_{svte}}$$

donde:

Δt_f = descenso crioscópico

m = molalidad (moles soluto/Kg solvente)

K_f = constante crioscópica ($^{\circ}\text{C Kg/mol}$)

W_{sto} = masa de soluto utilizada (g)

W_{svte} = masa de solvente utilizada (Kg)

MM = masa molar del soluto (g/mol)

Las propiedades coligativas de las soluciones dependen de la concentración total de partículas de soluto, sean las partículas iones o moléculas. Por lo tanto, cabe esperar que una solución de un electrolito exhiba un comportamiento proporcional a la cantidad de iones en solución. Una medida del grado en que los electrolitos se disocian es el factor i de van't Hoff (Atkins, 2006). Este factor es la relación entre el valor real de una propiedad coligativa y el valor que se calcula suponiendo que la sustancia es un no electrolito, (ecuación (3)).

$$(3) \quad = \frac{\Delta t_f (\text{medida})}{\Delta t_f (\text{calculada para un no electrolito})}$$

Luego que los estudiantes realizan las mediciones y cálculos mencionados, se les pide completen una encuesta sencilla, que nos permita conocer su opinión en relación a la actividad efectuada en computadora comparada con la que realizan en el espacio físico del laboratorio de química

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La actividad se desarrolló durante el curso anual de Química año 2010, en el laboratorio de informática de la Facultad de Ingeniería que cuenta con alrededor de 27 computadoras con conexión a internet.

Solamente se llevó adelante el experimento virtual y no un laboratorio real sobre el tema, que implicaría mayor tiempo de realización.

Las comisiones de prácticos de un promedio de 50 alumnos se dividieron a su vez en dos, de manera que en seis turnos de aproximadamente una hora, cada estudiante trabajó con una PC, siguiendo las indicaciones de la guía de laboratorio correspondiente y con la asistencia de las docentes a cargo de la asignatura.

Aunque los alumnos tenían la opción de realizar el práctico desde cualquier computadora conectada a internet y entregar luego el informe, la mayoría asistió al laboratorio de informática.

El equipo de simulación empleado que se muestra en la Figura 1, consta de un tubo de vidrio donde se introduce la solución preparada seleccionando las masas adecuadas de soluto y disolvente. Dicho tubo se introduce luego en un recipiente para ser sometido a calentamiento o enfriamiento hasta el punto de ebullición o congelación respectivamente. Al accionar el comando "start", se introduce una termocupla en la mezcla que mide la temperatura en cada momento. La animación permite además observar lo que sucede a nivel microscópico en la solución, como una forma de integrar los distintos niveles de representación de los fenómenos químicos (Giordan y Goys 2009). Así los estudiantes pueden apreciar, como pasan a la fase sólida (en el

caso de medir descenso crioscópico) o a la fase vapor (para ascenso ebulloscópico) solamente

las moléculas del disolvente y no las del soluto no volátil.

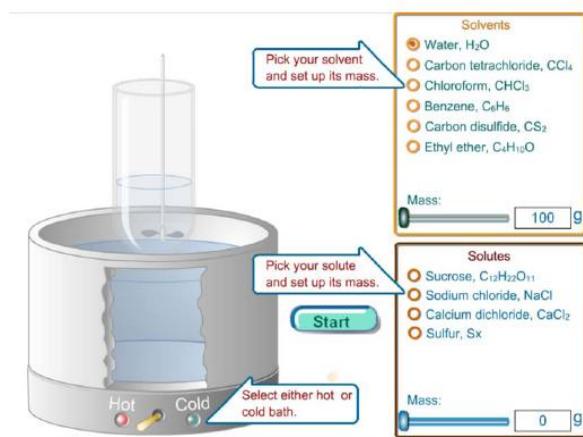


Figura 1: Equipo para determinación simulada de temperaturas

Una vez que los alumnos registran la temperatura de fusión del disolvente puro, y posteriormente de la disolución proceden a realizar los cálculos y completar el informe correspondiente como lo indica la Tabla 1.

Temp fusión svte:	Cálculos Descenso crioscópico °C Masa de molar de S: Atomicidad del azufre:
Temp fusión solución:	
Masa de benceno, w_{svte} :	
Masa de azufre, w_{sto} :	
Constante crioscópica de benceno, K_f :	
Masa atómica del S:	

Tabla 1

En la segunda parte del práctico, y utilizando el mismo dispositivo experimental miden tanto temperatura de fusión como de ebullición para tres soluciones acuosas con una misma concentración de soluto; en un caso uno no disociable, y en otro, dos sales que producen distinto número

de iones al disociarse en agua, a fin de comparar las propiedades coligativas de ambas. Luego de completar la Tabla 2, los alumnos deben explicitar alguna conclusión que surja de la observación de los valores obtenidos.

	w_{sto}	w_{svte}	Molalidad m	t_f medida	Δt_f medida	Δt_f calculada	t_{eb} medida	Δt_{eb} medida	Δt_{eb} calculada
Solución sacarosa									
Solución de NaCl									
Solución de CaCl ₂									

Tabla 2

VALORACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EXPERIENCIA

Luego de finalizar la actividad en el laboratorio de informática se solicitó a los alumnos que

realizaran una valoración personal a modo de encuesta acerca de la experiencia de laboratorio virtual respondiendo las preguntas que se indican a continuación:

1.- El Práctico Virtual de Laboratorio que realizó le resultó:
 Muy Interesante ----- Interesante ----- Poco interesante -----

2.- Le pareció útil para repasar lo aprendido de Propiedades Coligativas?
 Si ----- No ----- No sabe -----

Porque: -----

3.- Sus habilidades en el uso de Internet le facilitaron la realización del trabajo práctico? Si ----- No -----

4.- Cómo prefiere realizar las Experiencias de Laboratorio:
 En computadora (de modo virtual) -----; o
 En el espacio físico del Laboratorio de Química (modo real) -----
 Por qué? -----

Realizado el relevamiento de la encuesta se muestra en la Tabla 3 el resultado de las

respuestas, por pregunta y por comisión, de un total de 113 alumnos que asistieron al práctico.

Comisión	N° de alumnos	Respuesta pregunta 1			Respuesta pregunta 2			Respuesta pregunta 3		Respuesta pregunta 4		
		MI	I	PI	Si	No	no sabe	Si	No	EV	LR	ambos
A	39	16	22	1	32	0	7	32	7	8	31	
B	43	19	24	--	41	0	2	35	8	15	21	7
C	31	16	14	1	30	1	-	22	9	12	15	4
Total	113	51	60	2	103	1	9	89	24	35	67	11

Tabla 3: Número de alumnos por comisión de Trabajos Prácticos que responden a las preguntas de la encuesta.

MI: muy interesante; I: interesante; PI: poco interesante. EV: experimento virtual; LR: laboratorio real.

Análisis de la Encuesta

Surge del análisis de la encuesta, que casi la totalidad de los alumnos consideró interesante este tipo de experimento y de utilidad para repasar el tema de propiedades coligativas. Si bien, las habilidades en el uso de internet facilitaron la realización del práctico para la mayoría, un 21

% expresó lo contrario (figura 2 B).

En cuanto al experimento virtual comparado con el real, alrededor de un 60 % de los estudiantes prefiere la modalidad tradicional, es decir el laboratorio donde se tiene contacto real con las sustancias, elementos y equipos. No obstante ello, un 30 % optó por la experiencia virtual por su practicidad y rapidez. Aquí notamos una

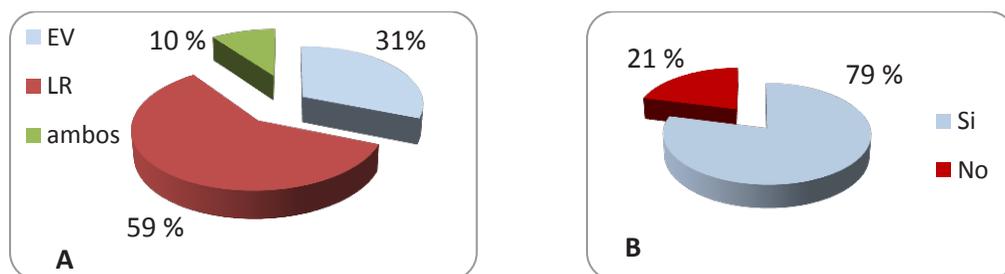


Figura 2: (A) Resultado de la respuesta a la pregunta 4, expresado en porcentaje en base al total de alumnos de las tres comisiones de trabajos prácticos. (B) Porcentaje de alumnos (del total) en respuesta a la pregunta 3 de la encuesta.

diferencia entre las distintas comisiones de prácticos. En la comisión A, un 80 % de los alumnos prefirió la modalidad LR, y en las otras dos comisiones, la mitad optó por EV. Creemos se debe a que las comisiones B y C están conformadas por alumnos ingresantes, mientras que en la A, son más numerosos los alumnos recursantes (ver figura 2, A).

De los 35 alumnos que prefieren la opción del experimento virtual, un 50 % considera que es más rápido y sencillo de entender, 17 % de ellos se refiere a la practicidad o comodidad de trabajar con la PC a diferencia del laboratorio convencional, otros opinan que es más seguro, más dinámico e interesante, que tiene la ventaja del “reset” en caso de equivocación, permite visualizar lo que

sucede a nivel molecular, hace pensar etc.

Los alumnos que optaron por el práctico de laboratorio real expresan: -que se adquiere más experiencia, -es más conveniente porque se fijan mejor los conocimientos, -es más interesante ver lo que ocurre realmente que verlo en el monitor, más entretenido y didáctico, -se aprende más haciendo que viendo, -permite conocer las sustancias, -se aprende a utilizar el material de laboratorio, así como el manejo de equipos, las normas de seguridad y la responsabilidad ante factores de riesgo, -porque es de verdad, se aprecia mejor el trabajo, etc.

Desde el punto de vista de los docentes integrantes del equipo de cátedra de Química, consideramos que la actividad fue útil para desarrollar

en los estudiantes ciertas habilidades como la capacidad de observación, la medición de parámetros en una experiencia, el empleo de los valores registrados para determinaciones específicas. La simulación representa como lo manifiestan Hofstein y Lunetta (1980) un medio para la enseñanza y el aprendizaje con gran potencial para mejorar las prácticas educativas.

Las dificultades encontradas fueron similares a las que surgen al realizar los laboratorios reales, y son las referidas a la confección y presentación del informe correspondiente. Se observa la falta de destreza en la realización de los cálculos, en la interpretación de los resultados y elaboración de conclusiones.

CONCLUSIONES

El experimento virtual constituye un recurso didáctico que sirve de apoyo a la tarea educativa, rompe con el esquema tradicional de las prácticas de laboratorio así como con sus limitaciones (espacio, tiempo, peligrosidad, entre otras) y representa una alternativa para desarrollar habilidades experimentales importantes en las ciencias naturales. Como lo expresan Rosado y Herreros (2005), si bien el EV no puede sustituir la experiencia práctica altamente enriquecedora del LR, ha de ser una herramienta complementaria para formar a la persona y obtener un mayor rendimiento. Además como refiere Raviolo (2010) las simulaciones pueden ayudar en la integración de los aspectos teóricos y prácticos, permitiendo hacer que una realidad sea más fácilmente comprensible para el estudiante que interactúa de forma dinámica con los modelos que constituyen la simulación.

Consideramos el experimento virtual como un recurso valioso para fomentar el aprendizaje constructivista, desarrollando en los estudiantes la capacidad de análisis, el pensamiento crítico y habilida-

des para la elaboración de resultados, presentación de informes etc.

En acuerdo con Rodríguez y col. (2009) la diversidad en los estilos de enseñar es fundamental ya que no hay un estilo exclusivo de aprender.

Por ello, resulta conveniente incorporar en futuros cursos de Química, nuevas actividades experimentales con modalidad virtual, que favorezcan en los estudiantes la apropiación de contenidos de la asignatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atkins, Jones (2006). *Principios de Química*. Medica Panamericana. Buenos Aires.

Baggio, Sergio (2009). 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.

Giordan, M. y Gois, J. (2009). Entornos virtuales de aprendizaje en química: una revisión de la literatura. *Educación Química*, 20 (3) 301-313.

Greenbowe, Tom. Chemistry Experiment Simulations and Conceptual Computer Animations. Solutions. En <http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/simDownload/>

Hofstein, A. y Lunetta, V. (1980). The role of the laboratory in science teaching: research implications. *NARST symposium*, Boston, Massachusetts.

Raviolo, Andrés, (2010), Simulaciones en la enseñanza de la química. Conferencia VI *Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química*. Santa Fe. 9-11.

Rodríguez, D., Mena, D., Rubio C. (2009).

Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química. *Tecnología, Ciencia, Educación. (IMIQ)* 24 (2) 127-136

Rosado L., Herreros J.R., (2005), Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *Recent Reserch Developments in Learning Technologies*

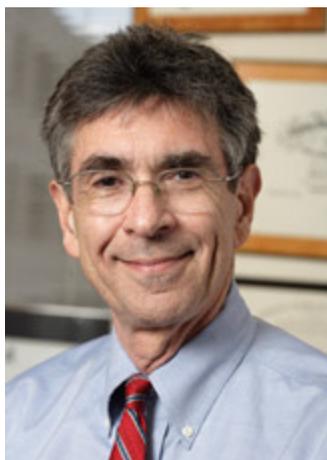
Singh, P and Courtois, F. (1999) Conducting Laboratory Experiments via the Internet, *Food Technology*. 53 (9) 54-59.

De interés

EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2012

Robert J. Lefkowitz y Brian K. Kobilka fueron galardonados con el Premio Nobel de Química 2012 *“por estudios de receptores acoplados a las proteínas G”*

Robert J. Lefkowitz



Estadounidense. Nacido en 1943 en Nueva York, EE.UU. Doctorado en Medicina en 1966 por la Universidad de Columbia, Nueva York, NY, EE.UU. Investigador en el Howard Hughes Medical Institute. Profesor de Medicina y Profesor de Bioquímica, Duke University Medical Center, Durham, Carolina del Norte, EE.UU.

www.lefkolab.org

Photo: Stewart Waller/PR Newswire. © HHMI

Brian K. Kobilka



Estadounidense. Nacido en 1955 en Little Falls, MN, EE.UU.. Doctorado en Medicina en 1981 por la Universidad de Yale, School of Medicine, New Haven, CT, EE.UU. Profesor de Medicina y Profesor de Biología Molecular Celular y Fisiología, Stanford University School of Medicine, California, EE.UU.

<http://med.stanford.edu/kobikalab>

Photo: © Stanford University

Comunicado de Prensa

RECEPTORES INTELIGENTES EN LAS SUPERFICIES CELULARES

Su cuerpo es un sistema perfeccionado de interacciones entre miles de millones de células. Cada célula tiene pequeños receptores que le permiten detectar su ambiente, por lo que puede adaptarse a situaciones nuevas. Robert Lefkowitz y Brian Kobilka reciben el Premio Nobel 2012 de Química por revolucionarios descubrimientos que revelan el funcionamiento interno de una importante familia de estos receptores: los **receptores acoplados a proteínas G**

Durante mucho tiempo, fue un misterio cómo las células podían percibir su entorno. Los científicos sabían que hormonas como la adrenalina tiene efectos poderosos: el aumento de la presión arterial y hacer que el corazón lata más rápido. Se sospechaba que las superficies celulares contenían algún tipo de receptor de las hormonas. Pero en qué consistían estos receptores en realidad y cómo funcionaban permaneció oculto durante casi todo el siglo 20.

Lefkowitz comenzó a utilizar la radiactividad en 1968 con el fin de localizar los receptores de las células. Unió un isótopo de yodo a varias hormonas, y gracias a la radiación, se las arregló para dar a conocer varios receptores, entre ellos un receptor de la adrenalina: receptor β -adrenérgico. Su equipo de investigadores extrajo el receptor de su escondite en la pared de la célula y obtuvo una comprensión inicial de cómo funciona. El equipo logró su próximo gran paso en la década de 1980. El recién contratado Kobilka aceptó

el reto de aislar el gen que codifica para el receptor β -adrenérgico a partir del gigantesco genoma humano. Su creativo enfoque le permitió alcanzar su meta. Cuando los investigadores analizaron este gen, descubrieron que el receptor era similar a uno en el ojo que capta la luz. Se dieron cuenta de que hay toda una familia de receptores que se parecen y funcionan de la misma manera.

Hoy esta familia se conoce como receptores acoplados a proteínas G. Alrededor de mil genes codifican los receptores de este tipo, por ejemplo, para la luz, sabor, olor, adrenalina, dopamina, histamina y serotonina. Aproximadamente la mitad de todos los medicamentos consiguen su efecto a través de receptores acoplados a proteínas G.

Los estudios de Lefkowitz y Kobilka son cruciales para la comprensión de cómo funcionan los receptores acoplados a proteínas G. Además, en 2011, Kobilka ha logrado otro gran avance; él y su equipo de investigación capturaron una imagen del receptor β -adrenérgico en el momento exacto en que se activa por una hormona y envía una señal al interior de la célula. Esta imagen es una obra maestra molecular - el resultado de décadas de investigación.

“The Nobel Prize in Chemistry 2012 - Press Release”. Nobelprize.org. 30 Oct 2012 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2012/press.html

Información popular

LAS CÉLULAS Y LA SENSIBILIDAD

En nuestros ojos, narices y bocas, tenemos sensores de luz, olores y sabores. Dentro del cuerpo, las células tienen sensores similares para hormonas y sustancias de señalización, tales como la adrenalina, la serotonina, la histamina y la dopamina. A medida que evolucionó la vida, las células han utilizado repetidamente el mismo mecanismo básico para la lectura de su ambiente: receptores acoplados a proteínas G. Pero estos se mantuvieron ocultos a los investigadores durante mucho tiempo.

Supón que sientes que alguien te persigue. En el momento en que tus ojos perciben una figura que se aproxima, todo tu cuerpo pasa al estado de alerta. Señales nerviosas desde el cerebro envían una advertencia al cuerpo. La glándula pituitaria libera hormonas al torrente sanguíneo, que despiertan a la glándula adrenal. Esta comienza a bombear cortisol, adrenalina y norepinefrina que producen una nueva advertencia: ¡es tiempo de escapar! Las células grasas, las células de músculos, hígado, pulmones y vasos sanguíneos reaccionan inmediatamente. Azúcar y grasas se vuelcan a la sangre, los bronquios se expanden y la velocidad del corazón aumenta—todo para que tus músculos consigan más energía y oxígeno. La meta es que corras tan rápido como puedas para salvar tu vida.

En el ser humano, interactúan decenas de miles de millones de células. La mayoría de ellas han desarrollado distintas funciones. Algunas almacenan grasa, mientras que otras

registrar impresiones visuales, producen hormonas o construyen el tejido muscular. Para poder funcionar, es fundamental que nuestras células funcionen al unísono, que puedan percibir su entorno y saber lo que está pasando a su alrededor. Para ello, se necesitan sensores. Los sensores en la superficie celular se denominan receptores. Robert J. Lefkowitz y Brian K. Kobilka recibieron el Premio Nobel de Química 2012 por haber delineado como trabaja una familia de receptores llamados receptores acoplados a proteínas G (GPCRs). En esta familia, encontramos receptores de adrenalina (también conocida como epinefrina), dopamina, serotonina, luz, sabor y olor. La mayoría de los procesos fisiológicos dependen de GPCRs. Alrededor de la mitad de todos los medicamentos actúan a través de estos receptores, entre ellos, los beta bloqueantes, antihistamínicos y varios tipos de medicamentos psiquiátricos. El conocimiento sobre los GPCR es por lo tanto un gran beneficio para la humanidad. Sin embargo, estos receptores habían eludido a los científicos por mucho tiempo.

El receptor - un enigma difícil de alcanzar

A finales del siglo 19, cuando los científicos empezaron a experimentar con los efectos de la adrenalina en el cuerpo, descubrieron que hace que aumente el ritmo cardíaco y la presión sanguínea y también relaja las pupilas. Debido a que sospechaban que la adrenalina trabajaba a través de los nervios en el cuerpo, paralizaron el sistema nervioso de animales de laboratorio. Sin embargo, el efecto de la adrenalina aun se manifestaba. Su conclusión: las células deben tener algún tipo de receptor que

les permite detectar las sustancias químicas - hormonas, venenos y drogas - en su entorno. Pero cuando los investigadores trataron de encontrar estos receptores, chocaron contra una pared. Querían entender a que se parecían y cómo transmiten las señales a la célula. La adrenalina se administró en el exterior de la célula, y esto condujo a cambios en su metabolismo que pudieron medir en el interior de la célula. Cada célula tiene una pared: una membrana de moléculas de grasa que la separa de su entorno. ¿Cómo pasaba la señal a través de la pared? ¿Cómo podría el interior de la célula saber lo que estaba pasando en el exterior?

Los receptores se mantuvieron sin identificar durante décadas. A pesar de esto, los científicos lograron desarrollar fármacos que específicamente tienen su efecto a través de uno de estos receptores. En la década de 1940, el científico estadounidense Raymond Ahlquist estudió cómo diferentes órganos reaccionan ante diversas sustancias similares a la adrenalina. Su trabajo lo llevó a concluir que debe haber dos diferentes tipos de receptores para adrenalina: uno que principalmente hace que se contraigan las células del músculo liso en los vasos sanguíneos, y otro que principalmente estimula el corazón. Los llamó receptores alfa y beta. Poco después de esto, los científicos desarrollaron los primeros betabloqueantes, que actualmente son algunos de nuestros más utilizados medicamentos para el corazón.

Tales fármacos sin duda producían efectos en las células, pero la forma en que lo hacían seguía siendo un misterio. Ahora sabemos por qué los receptores eran tan difíciles de encontrar: son relativamente pocos en número y tam-

bién están en su mayoría encapsulados dentro de la pared de la célula. Después de un par de décadas, incluso Ahlquist empezó a sentirse perdido en su teoría sobre los dos receptores distintos. Él escribe: “Para mí son un concepto abstracto concebido para explicar las respuestas observadas de los tejidos, producidas por productos químicos de diversas estructuras. “ Es aquí, en el final de la década de 1960 que Robert Lefkowitz, uno de los premios Nobel de este año, entra en la historia de estos receptores.

Induciendo a los receptores a salir de sus escondites

El joven estudiante sobresaliente tiene su mente puesta en convertirse en un cardiólogo. Sin embargo, se gradúa en lo peor de la guerra de Vietnam, y hace su servicio militar en el Servicio de Salud Pública de los EE.UU. en una institución federal de investigación, los Institutos Nacionales de Salud. Allí se le presenta un gran desafío: encontrar los receptores. El supervisor de Lefkowitz ya tiene un plan. Propone fijar yodo radiactivo a una hormona. Entonces, cuando la hormona se une a la superficie de una célula, la radiación del yodo debe hacer posible realizar el seguimiento del receptor. Además, con el fin de reforzar su caso, Lefkowitz tendría que mostrar que el acoplamiento de la hormona al exterior de la célula realmente desencadena un proceso que se sabe que tiene lugar en el interior de la célula. Si pudiera tener éxito en esto, nadie podría dudar de que en realidad había descubierto un receptor biológicamente funcionando.

Lefkowitz comienza a trabajar con la hormona adrenocorticotrópica, que estimula la produc-

ción de adrenalina en la glándula suprarrenal. Pero nada parece funcionar. Pasa un año, sin embargo no avanza, y Lefkowitz, que en primer lugar realmente no estaba tan interesado en hacer investigación, comienza a desesperarse. Él continúa su investigación, pero sueña con ser médico. A medida que el proyecto entra en su segundo año, Lefkowitz finalmente hace algunos progresos. En 1970, publica artículos en dos revistas de prestigio, *Proceedings*, de la Academia Nacional de Ciencias (PNAS) y *Science*, en los que describe el descubrimiento de un receptor activo. El logro le hace apreciar la emoción de investigar y, finalmente, es reclutado por la Duke Universidad en Carolina del Norte. No es que él esté particularmente interesado en mudarse allí, pero le hacen una oferta que no puede rechazar. En unos flamantes laboratorios, Lefkowitz forma su propio equipo de investigación. A pesar de que parece que nunca se convertirá en un cardiólogo, él todavía quiere trabajar con enferme-

dades del corazón. Así, comienza centrándose en receptores de adrenalina y noradrenalina, los denominados receptores adrenérgicos. Utilizando sustancias marcadas radiactivamente, incluyendo los betabloqueantes, su grupo de investigación estudia cómo funcionan estos receptores. Y después, afinando sus herramientas, se las ingenian con gran habilidad para extraer una serie de receptores de los tejidos biológicos.

Mientras tanto, el conocimiento de lo que sucede en el interior de las células ha ido creciendo. Los investigadores han encontrado lo que ellos llaman las proteínas G (Premio Nobel de Fisiología o Medicina 1994), que son activados por una señal desde el receptor. La proteína G, a su vez, desencadena una serie de reacciones que alteran el metabolismo de la célula. A principios de la década de 1980, los científicos están empezando a obtener una comprensión del proceso por el cual se transmiten señales desde el exterior de la célula a su interior (figura 1).

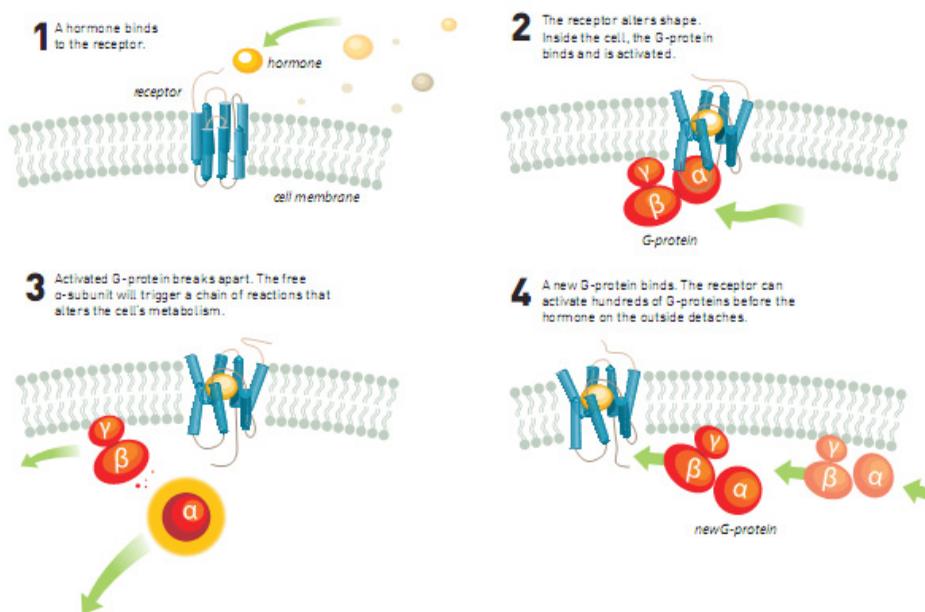


Figura 1. Cuando una hormona, una molécula olfatoria o una molécula del gusto se acopla con un receptor en la superficie de la célula, se dispara una cadena de reacciones en el interior de esa célula.

El gen - una clave para nuevos conocimientos

En la década de 1980, Lefkowitz decide que su grupo de investigación debe tratar de encontrar el gen que codifica para el receptor beta. Esta decisión demostraría ser crucial para el Premio Nobel de este año. Un gen es similar a un plano. Contiene un código que es leído por la célula cuando se une a los aminoácidos para crear una proteína, por ejemplo, un receptor. La idea era que si el grupo de investigación podía aislar el gen y leer el plano para el receptor beta, podrían obtener pistas sobre cómo funciona ese receptor. Casi al mismo tiempo, Lefkowitz contrata a un joven doctor, Brian Kobilka. Su fascinación por los receptores adrenérgicos nacía de su experiencia en cuidados intensivos en hospitales. Una inyección de epinefrina podía ser la diferencia entre la vida y la muerte. La hormona abre un sistema respiratorio congestionado y acelera la frecuencia cardíaca. Kobilka quería estudiar el poder de la epinefrina en su más mínimo detalle molecular, y por ello se acercó a Lefkowitz y su equipo de investigadores.

Kobilka se dedica a la caza del gen. Sin embargo, durante la década de 1980, tratar de encontrar un gen particular en el enorme genoma del cuerpo era un poco como tratar de encontrar una aguja en un pajar, el proyecto técnicamente desafiante es lento para avanzar. Sin embargo, Kobilka tiene una idea ingeniosa que hace posible aislar el gen. Con gran anticipación, los investigadores comienzan a analizar su código, lo que revela que el receptor consta de siete largas cuerdas helicoidales grasas (hidrofóbicas) - las llamadas hélices (figura 2).

Esto le indica a los científicos que el recep-

tor probablemente se abre paso hacia atrás y adelante a través de la pared celular siete veces. Siete veces. Este era el mismo número de cadenas y la misma forma espiral de un receptor diferente que ya se había encontrado en otra parte del cuerpo: el receptor de la luz rodopsina, en la retina del ojo. Nace una idea: ¿podrían estos dos receptores estar relacionados, aunque tienen funciones completamente diferentes? Robert Lefkowitz más tarde lo describió como un “verdadero momento eureka”. Sabía que ambos, los receptores adrenérgicos y la rodopsina interactúan con las proteínas G en el interior de la célula. También sabía de otros alrededor de 30 receptores que trabajan a través de las proteínas G. La conclusión: ¿tiene que haber una completa familia de receptores que se parecen y funcionan de la misma manera! Desde este descubrimiento revolucionario, el rompecabezas se ha ido armando poco a poco, y ahora los científicos tienen un conocimiento detallado acerca de los GPCRs - cómo funcionan y cómo se regulan a nivel molecular. Lefkowitz y Kobilka han estado a la vanguardia de todo este viaje científico, y el año pasado, en 2011, Kobilka y su equipo de investigadores reportó un hallazgo que puso la corona sobre su trabajo. Obteniendo imágenes de los efectos de la adrenalina

Tras superar con éxito el aislamiento del gen, Brian Kobilka se trasladó a Stanford University School of Medicina en California. Allí se propuso crear una imagen del receptor - una meta inalcanzable en la opinión de la mayoría de la comunidad científica: - y para Kobilka, se convertiría en un largo viaje.

La formación de imágenes de una proteína es un proceso que implica muchos pasos complicados. Las proteínas son demasiado pequeñas para ser observadas en los microscopios regulares. Por lo tanto, los científicos utilizan un método llamado cristalografía de rayos X. Comienzan con la producción de un cristal, donde las proteínas están empaquetadas en un patrón simétrico, como las moléculas de agua en un cristal de hielo o los átomos de carbono en un diamante. Luego los investigadores disparan rayos X a través del cristal de proteína. Cuando los rayos golpean las proteínas, se dispersan. Con el patrón de esta difracción, los científicos pueden decir que parecen las proteínas a nivel atómico. La primera imagen de la estructura cristalina de una proteína se produjo en la década de 1950. Desde entonces, los científicos han irradiado y representado miles de proteínas. Sin embargo, la mayoría de ellas han sido solubles en

agua, lo cual facilita el proceso de cristalización. Menos investigadores han logrado imágenes de proteínas ubicadas en la membrana grasa de la célula. En el agua, tales proteínas se disuelven tan poco como el aceite, y tienden a formar grupos grasos. Por otra parte, los GPCRs son por naturaleza muy móviles (transmiten señales por movimiento), pero dentro de un cristal tienen que permanecer casi completamente inmóviles. Lograr que cristalicen es un desafío considerable. Le tomó a Kobilka más de dos décadas encontrar una solución a todos estos problemas. Pero gracias a la determinación, la creatividad y la prestidigitación de la biología molecular, Kobilka y su grupo de investigación finalmente lograron su último objetivo en el año 2011: obtuvieron una imagen del receptor en el momento mismo en que transfiere la señal de la hormona en el exterior de la célula a la proteína G en el interior de la célula (figura 2).

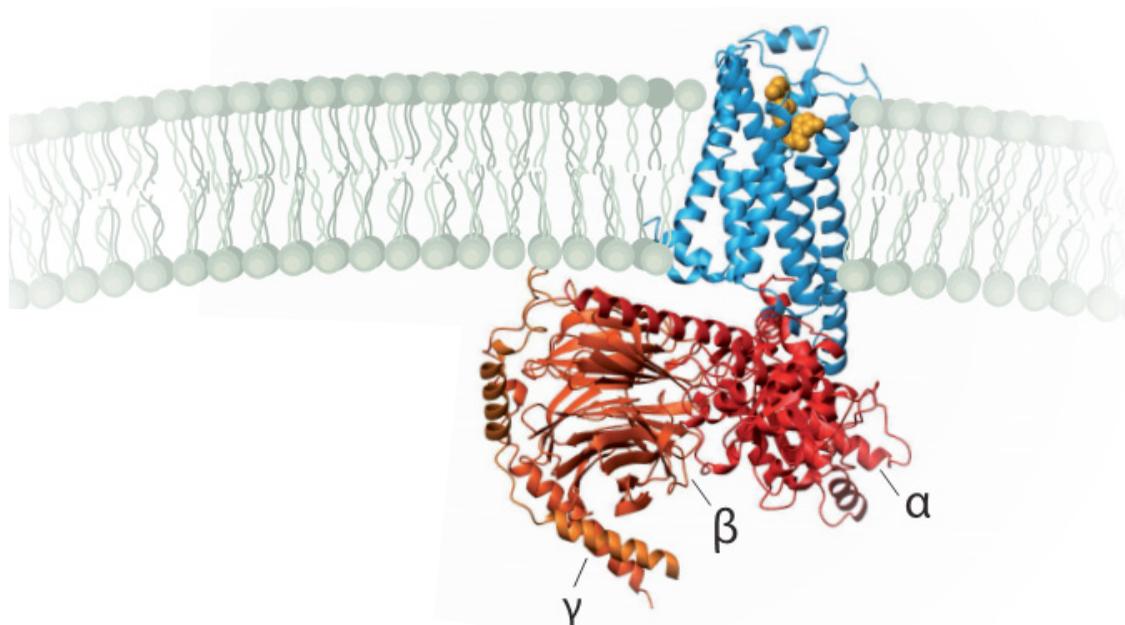


Figura 2. Ilustración de Kobilka de la estructura cristalina de un receptor β -adrenérgico activado (azul). Una hormona (naranja) se une a la parte exterior y una proteína G (rojo) se acopla en el interior.

La imagen, publicada en la revista Nature, revela nuevos detalles sobre los GPCRs, por ejemplo, como se ve el receptor activado cuando abre

un espacio donde la proteína G se va a unir (figura 3). Tal conocimiento será muy útil en el futuro para el desarrollo de nuevos fármacos.

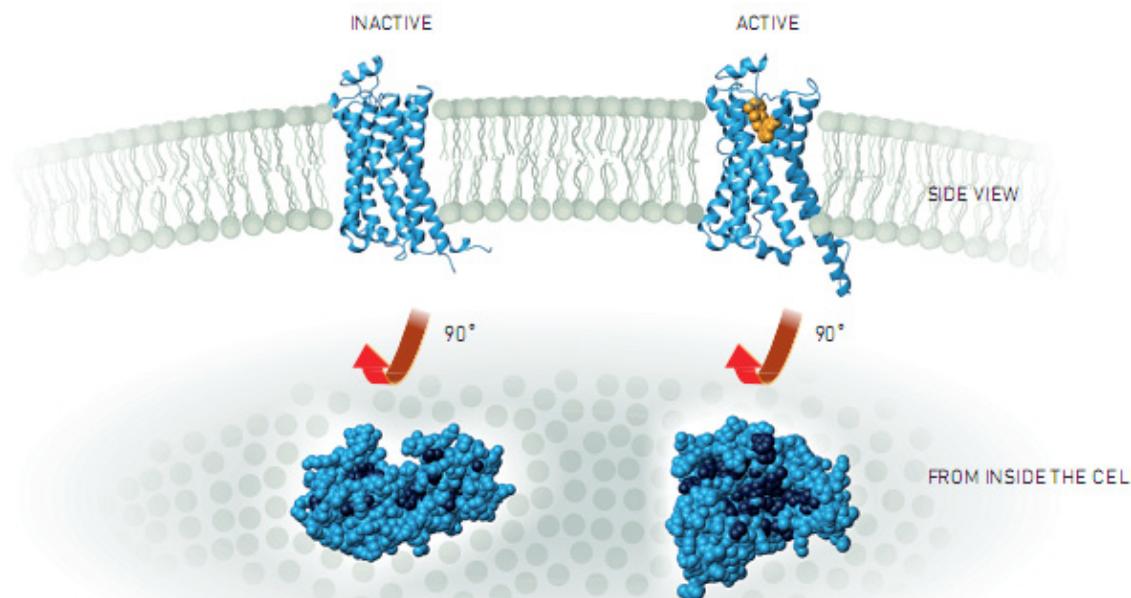


Figura 3. El receptor β -adrenérgico altera su forma cuando está activado. Cuando la hormona (naranja) se une a la parte exterior, el interior se abre como un ramo de flores. En las imágenes de la parte inferior, el receptor está girado para que sea visible la parte que mira al interior de la célula. Los átomos están representados como esferas. Las partes solubles en agua están en azul claro; las partes grasas (hidrofóbicas) están en azul oscuro. Cuando la hormona se enlaza (derecha) se abre un claro donde se une la subunidad α de la proteína G.

La vida necesita flexibilidad

El mapeo del genoma humano ha revelado cerca de mil genes que codifican los GPCRs. Aproximadamente la mitad de los receptores reciben olores y son parte del sistema olfativo. Un tercio de ellos son receptores para hormonas y sustancias de señalización, tales como dopamina, serotonina, prostaglandina, glucagón y la histamina. Algunos receptores capturan la luz que incide en

el ojo, mientras que otros se encuentran en la lengua y nos dan nuestro sentido del gusto. Más de cien receptores todavía presentan desafíos para los científicos, pues sus efectos aún no se han descubierto. Además de descubrir las muchas variaciones de los receptores, los investigadores, con Lefkowitz y Kobilka a la cabeza, han encontrado que son multifuncionales, un solo receptor puede reconocer varias hormonas diferentes en el exterior de la célula. Por otra parte, en el in-

terior, no sólo interactúan con proteínas G, sino también, por ejemplo, con proteínas llamadas arrestinas. La comprensión de que estos receptores no siempre están acoplados a proteínas G ha llevado a los científicos a empezar a referir a ellos como receptores transmembrana- siete (7TM), por las siete cuerdas en forma de espiral que serpentean a través de la pared celular. El número de receptores y su flexibilidad permiten la afinada regulación de las células que la vida requiere.

Volvamos a la escena de la pelea en la parada del autobús. Cuando la sangre se llena de adrenalina, diferentes tejidos reaccionan de forma diferente. El flujo de sangre a los órganos digestivos disminuye, mientras tanto, el flujo a los músculos aumenta. Los diferentes efectos de la adrenalina dependen de la existencia de al menos nueve diferentes receptores de esta hormona en nuestro cuerpo. Algunos receptores desencadenan la actividad celular, mientras que otros tienen un efecto tranquilizante. Así que, la próxima vez que te asustes, saborees el gusto de una buena comida, o simplemente contemples las estrellas en el cielo, piensa en los receptores acoplados a proteínas G. Sin ellos, las células se esforzarían por objetivos opuestos, y el caos reinaría en tu cuerpo.

ENLACES Y LECTURAS ADICIONALES

Información adicional sobre los premios de este año, incluyendo un artículo de fondo científico en inglés, puede leerse en el sitio web de la Real Academia Sueca de las Ciencias, <http://kva.se>, y en <http://nobelprize.org>.

También incluyen las versiones web-TV de las conferencias de prensa en la que fueron anunciados los premios.

Artículos

- Buchen, L. (2011) Cell signalling caught in the act, *Nature* 475:273–274.
- Buchen, L. (2011) It's all about the structure, *Nature* 476: 387–390.
- Snyderman, R. (2011) Introduction of Robert J. Lefkowitz, *J. Clin. Invest.* 121(10):4192–4200.
- Williams, R. (2010) Robert Lefkowitz: Godfather of G Protein-Coupled Receptors, *Circ. Res.* 106:812–814.

Conferencias (video)

- Lefkowitz, R. J. (2010) Part 1 Seven Transmembrane Receptors, http://www.youtube.com/watch?v=gPyo7k9E_-w
- Lefkowitz, R. J. (2010) Part 2 Beta-arrestins, <http://www.youtube.com/watch?v=IP4zsbemW8I>

Texto: **Ann Fernholm**, The Royal Swedish Academy of Sciences
Traducción de **Luz Lastres**

“The Nobel Prize in Chemistry 2012 - Popular Information”. Nobelprize.org. 30 Oct 2012 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2012/popular.html

Informaciones y novedades

Una invitación a tener en cuenta

El Sr. Secretario Académico de la Universidad Nacional del Litoral, Dr. Héctor Santiago Odetti, tiene el agrado de invitar a los docentes investigadores de las universidades Argentinas en el área de la Educación en Ciencias, a una reunión que se celebrará el día jueves 11 de abril de 2013, en la sala del Consejo Directivo de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional del Litoral, sito en la Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo, a partir de las 10 hs.

El objetivo de la misma es generar un encuentro entre docentes investigadores de Universidades Nacionales y otras de la República Argentina, en el área de Educación en Ciencias, con el fin de aunar esfuerzos en términos de esta problemática en común.

Solicitando que hagan extensiva esta invitación a otros investigadores a quienes consideren que podría resultarles de interés, y esperando contar con su presencia, los saluda atentamente.

Por razones operativas, sugerimos hacer llegar la confirmación de asistencia y cualquier otra inquietud a hodetti@fcb.unl.edu.ar. Se enviara una comunicación a los interesados, con los horarios finales de la jornada de intercambio.

ADEQRA en la Feria Nacional 2012

La asociación estuvo presente en la Feria Nacional 2012 Educación, Artes, Ciencias y Tecnología realizada en CABA (Espacio de la Memoria y Derechos Humanos – ex ESMA) / SALTA (Centro de convenciones, Salta Capital), donde se implementa una estructura que intenta exhibir y realzar el trabajo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias y tecnología en todos los niveles educativos (Inicial, Primario, Secundario) y modalidades (Educación en contextos privados de la libertad, Educación Especial, Educación de Adultos y Formación Terciaria no universitaria) con rasgos distintos entre ellas.

Como Evaluadores Externos, en representación de la asociación, estuvieron la Presidenta Lic. Estela A. Zamudio y el Secretario Prof. Luis M. Costa

Se entregaron menciones y libros a cada uno de los participantes.

En la primera instancia los trabajos premiados fueron:

1° Mención Trabajo Educación Secundaria “*AntoVida*”

Alumnos expositores: ROGGERO, Alan

BARILLEU, Victoria

Docente: Lic.MATHIOT, Elisabeth

I.P.E.T.A N° 68 “Coronel Luis Álvarez” Arroyito. Pcia. Córdoba.

2° Mención Trabajo Educación Secundaria “¿Banda de Mutantes? II

Alumnos expositores: CHALAMPA, Alvaro

CARRIZO, Iván

Docente: Prof. CARRAZCO JUARÉZ, María

Inst. Técnico “General Manuel Belgrano F-39”.Banda Río Salí .Pcia. Tucumán

En la segunda instancia los premiados fueron:

1° Mención Trabajo Educación Primaria “El efecto de los fertilizantes en las plantas”

Alumnos expositores: AGUILAR, Valentino Omar 6to E.

LOBETO, María José 6to E.

Docente: RAMIREZ, Silvia

E.P.E.D N° 2 Maestro Escultor Vicente Lucero. Villa Mercedes. Pcia. San Luis.

2° Mención Trabajo Educación Primaria “Biodigestor”

Alumnos expositores: MARTINEZ, Braian Jesús 2do B.

MAZZOCA CEJAS, Fransisco Tomás 2do B.

Docente: ALCARÁZ, Claudia del Valle.

Escuela N° 48 “Faustino F. Berrondo”. San Fransisco del Monte de Oro. Pcia San Luis.

Congresos, Jornadas y Seminarios de Aquí y Allá... 2013

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

Próximos eventos

III CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACION EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA y 5° CONGRESO NACIONAL DE EDUCACION EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA

3 al 7 de junio de 2013, San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca, Argentina.

Organizado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca.

Recepción de resúmenes hasta el 17 de mayo de 2013.

<http://www.exactas.unca.edu.ar/>

XIV ENCUENTRO INTERNACIONAL VIRTUAL EDUCA COLOMBIA 2013 Foro multilateral, Congreso, Exposición “Educación, innovación y TIC”

17 al 21 de Junio de 2013, Medellín, Colombia.

Organizado por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), Gobierno de Colombia, la Secretaría Ejecutiva para el Desarrollo Integral (SEDI), OEA [sede: Washington, D.C], y la Secretaría General, Virtual Educa [sede: Washington, D.C.]

Recepción de ponencias (improrrogable) hasta el 26 de abril 2013.

<http://www.virtualeduca.org/encuentros/colombia/>

IHPST BIENNIAL CONFERENCE.

19 al 23 de junio de 2013, Pittsburgh, PA, Estados Unidos.

Organizada por la University of Pittsburgh.

Inscripción y recepción de trabajos hasta el 15 de febrero de 2013.

<http://app.education.pitt.edu/events/ihpst2013/>

II Congreso Nacional de Educación - I Internacional: “Estrategia frente al cambio”

21 y 22 de Junio de 2013.

Organizado por el Grupo Congreso.

Recepción de trabajos hasta el viernes 31 de mayo de 2013. Presentarlo personalmente o enviarlo por Correo Postal, en sobre cerrado a nombre de la Secretaria General del Congreso de Educación; Av. Rawson 57 (Sur) 1er Piso - San Juan, Republica Argentina y por correo electrónico a: academico@grupocongreso.com

<http://www.grupocongreso.com/>

XV Comparative Education World Congress / XV Congreso Mundial de Educación Comparada: New times, new voices / Nuevos tiempos, nuevas voces.

24 al 28 de junio de 2013, Buenos Aires, Argentina.

Organizado por la Sociedad Argentina de Estudios Comparados en Educación (SAECE).
Recepción de resúmenes y paneles hasta el 15 de febrero de 2013.
<http://wccses2013.com.ar/website/>

ISPC (International Society for the Philosophy of Chemistry) - Summer Symposium
31 julio al 2 de agosto 2013.
Organizado por la Universidad de la Republica Montevideo, Uruguay.

II CONGRESO BRASILEÑO DE FILOSOFIA DE LA QUIMICA
5 al 7 de agosto 2013.
Organizado por Universidad Federal de Bahia, Salvador de Bahía.

5th BIENNIAL EARLI CONFERENCE FOR RESEARCH ON LEARNING AND INSTRUCTION: “Responsible Teaching and Sustainable Learning”
Organizada por Technischen Universität München School of Education.
27 al 31 de agosto 2013, Munich, Alemania.
<http://www.earli2013.org>

ESERA CONFERENCE
2 al 7 de septiembre de 2013, Nicosia, Chipre.
Organizada por University of Cyprus, Cyprus University of Technology, University of Nicosia, European University of Cyprus y Cyprus Ministry of Education and Culture.
Recepción de trabajos hasta el 31 enero de 2013.
Inscripción temprana hasta el 5 mayo 2013.
<http://www.esera2013.org.cy/>

9º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: “La investigación en didáctica de las ciencias. Un compromiso con la sociedad del conocimiento.”
9 al 12 de septiembre de 2013, Girona, España.
Organizado por la revista Enseñanza de las Ciencias.
Recepción de comunicaciones texto completo hasta el 24 de enero de 2013.
Inscripción temprana hasta el 30 de abril de 2013.
<http://www.congresoenseciencias.com/ES/>

I Jornadas de Enseñanza, Capacitación e Investigación en Ciencias Naturales y Matemática, IV Jornadas de Enseñanza de la Matemática, y III Jornadas de Enseñanza de las Ciencias.
12 al 14 de setiembre de 2013, Quilmes y Avellaneda, Buenos Aires, Argentina.
Organizado por el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 24 de Quilmes y la Universidad

Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda.

Recepción de trabajos hasta el 31 de julio de 2013.

http://isfdyt24.bue.infed.edu.ar/sitio/index.cgi?wid_seccion=29&wid_item=46

VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática.

16 al 20 de setiembre de 2013, Montevideo, Uruguay.

Organizado por la Sociedad de Educación Matemática Uruguaya.

Envío de trabajos hasta 30 de abril de 2013.

<http://www.cibem7.semur.edu.uy/home.php>

REF XVIII - Reunión Nacional de Educación en la Física: “Tres décadas mejorando la Enseñanza de la Física”

15 al 18 de Octubre de 2013, San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.

Organizada por el Departamento de Física Aplicada y Tecnología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Presentación de Trabajos: desde el 15 de Marzo y hasta el 1º de Julio.

Presentación de Talleres: desde el 15 de Marzo y hasta el 31 de Julio.

Importante: Cada asistente podrá presentar como expositor: 1 Trabajo y un taller, o 2 Trabajos.

<https://sites.google.com/site/refxviii/>

REQ XVI- Reunión Nacional de Educación en la Química, en Bahía Blanca, en el segundo semestre del 2013. Próximamente habrá más información

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
Agradecemos la contribución del Dr. Martín Labarca.

Para Profundizar

- La reacción de hidrogenación. En recuerdo de Paul Sabatier, Premio Nobel de Química 1912
Sara N. Mendiara y Luis J. Perissinotti 75

Para reflexionar

- Un problema de pH y su comprensión conceptual
Norberto R. Scandrolí, María Luz Díez; Magdalena Azcue; Mercedes Pagani,
y Mariana Ferraggine..... 86
- Aprendiendo a identificar fenómenos físicos y químicos
Laura M. Morales, María José Flores y Graciela I. Núñez 92

Ideas para el aula

- Una guía digital de problemas para un curso de química general
Sergio Baggio 103
- Aprendiendo estequiometría a través de proyectos de investigación en el laboratorio
de química general para ingenieros
Manuel Fredy Molina C, José G. Carriazo y Julio César Rivera 111
- Biotransformación y cromatografía
Roxana Aciar, Soledad Ravetti, Silvia Díez, Daniela Bustos, Jorge Allendes, Liliana Matus,
Noelia Santandreu, Melisa Rosa y Daniel Bustos 122
- Experimento virtual de química con alumnos de primer año
Marta M. Luiz, Adelaida Avila, Marta S. Díaz, Rebeca Purpora, Virginia Pasotti y
Marcela De Alba 135

De interés

- El Premio Nobel de Química 2012..... 143

Informaciones y novedades

- Una invitación a tener en cuenta..... 152
- ADEQRA en la Feria Nacional 2012..... 152
- Congresos, Jornadas y Seminarios de Aquí y Allá... 2013
Andrea Farré..... 154