

# Integración conceptual en cursos de Química General

Andrés Raviolo, Fabiana Gennari y Julio Andrade Gamboa\*

## Abstract (Conceptual integration in courses of General Chemistry)

During the development of a university Chemistry course, and previous to the final examination, a work of conceptual integration was performed. In it, the students were asked to make an exhaustive analysis of a known chemical reaction, applying practical and theoretical aspects that had been studied previously in the course. Students were induced to formulate questions, search for pertinent information and design an experimental work.

This activity was enjoyed by both students and educators, and it affected positively the results of the final examinations.

An example of the concepts of each involved unit, some resulting questions and the conclusions of the activity are given.

## Resumen

Antes de los últimos exámenes de un curso universitario de Química General se llevó a cabo un trabajo de integración consistente en sugerir a los alumnos que realizarán un análisis exhaustivo de una reacción química conocida, sobre la base de los conceptos de todas las unidades tratadas durante el año.

El objetivo fue que los estudiantes integraran teoría y práctica en el abordaje de un problema, formularan preguntas con fundamento, arribaran a respuestas relacionando los temas tratados, planificaran experimentos y buscaran la información pertinente.

Los estudiantes mostraron entusiasmo en la tarea y la evaluaron positivamente. La misma repercutió favorablemente en los resultados del último examen parcial y de los exámenes finales.

Se describe el guión resultante de dicho trabajo y las conclusiones a que se arribó.

## Introducción

Recientemente, Hanson y Wolfskill (1998) publicaron las conclusiones de un importante taller realizado en Stony

Brook EUA, sobre la enseñanza de la Química General, las que expresan que los métodos tradicionales de enseñanza utilizados en instituciones universitarias no cubren las necesidades educativas de los estudiantes: ellos presentan dificultades en la comprensión y aplicación de conceptos, en descubrir su pertinencia, en transferir conocimientos dentro y entre disciplinas, y en identificar y desarrollar habilidades necesarias para el éxito en sus estudios y en su carrera.

La enseñanza y aprendizaje de la química en cursos introductorios universitarios, por lo menos en Argentina, se suele presentar fragmentada en cada uno de los siguientes aspectos:

- *intradisciplinar*: los distintos capítulos o unidades se abordan, o son percibidos por los alumnos, como compartimentos estancos sin relaciones entre sí, sin una secuencia de complejidad creciente donde los conceptos anteriores se ponen en juego o se aplican en los temas nuevos.
- *interespacios de enseñanza*: en nuestra universidad son comunes tres espacios diferenciados: clases teóricas, clases de problemas y laboratorios. A veces estos espacios están a cargo de distintos profesores, lo que dificulta una presentación unificada de la asignatura, que lleva a que algunos alumnos no logren transferir fácilmente los conceptos de un espacio a otro.

La enseñanza basada en trabajos de laboratorio ha sido detenidamente analizada por Hodson (1994). En ambientes universitarios estas actividades presentan carencias expuestas por ejemplo por Landau y otras (1997) que sugieren el planteamiento de propuestas más abiertas y creativas.

Estos obstáculos en la presentación de la enseñanza no facilitan el aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978) de conceptos químicos, los cuales deben estructurarse dentro de la disciplina con un orden jerárquico y lógico.

En el mejor de los casos, el estudiante integra las distintas unidades de la química en la preparación del examen final. Por ello, surge la necesidad de que los alumnos tengan oportunidades mientras cursan la asignatura para realizar una estructuración conceptual.

Es frecuente también que los estudiantes, en los primeros cursos universitarios, realicen aprendizajes memorísticos, centrándose en aspectos secundarios o muy específicos.

\* Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Río Negro 8400, Argentina.  
Recibido: 24 de julio de 1998; Aceptado: 1 de marzo de 1999.

Para remediar este aspecto es necesario plantear actividades que lleven a resaltar de cada capítulo las preguntas centrales que éste contesta.

Por otro lado, en la enseñanza predomina generalmente una comunicación unidireccional desde el docente al alumno, que no facilita la formulación de preguntas ni el intercambio entre estudiantes. La importancia del aprendizaje cooperativo producido por el intercambio en el grupo de pares es descrita por Rugarcía (1995). En el aprendizaje en equipo, los alumnos se consultan y se ayudan entre sí, aclaran sus dudas y evalúan su trabajo.

A continuación, se describe una propuesta de integración que tiene en cuenta los aspectos antes mencionados.

### Metodología

La propuesta se llevó a cabo en un curso de 25 alumnos de primer año de Química General de la carrera de licenciatura en Biología de la Universidad Nacional del Comahue-Bariloche. Esta actividad estuvo coordinada por los dos docentes de la cátedra y se realizó en un encuentro previo a los últimos exámenes del curso, cuando ya se habían abordado todas las unidades del programa. La presentación teórica de la asignatura estuvo basada en los textos: Angelini y otros, 1994; Chang, 1992 y McQuarrie y Rock, 1991.

A grupos de tres a cuatro estudiantes se les planteó la siguiente consigna:

“A partir de los siguientes reactivos: magnesio y ácido clorhídrico; y teniendo en cuenta el orden de las unidades tratadas en el programa:

- formular preguntas problemáticas;
- responderlas, especificando los recursos utilizados (leyes, ecuaciones, tablas, ...);
- diseñar experimentos cualitativos y cuantitativos para comprobar distintos aspectos, y
- realizar algún experimento de corta duración (previamente aceptado por el profesor)”

Los docentes intervinieron en las siguientes actividades:

- guían y problematizan a los alumnos cuando ellos no pueden valerse por sí solos. Orientan hacia las líneas de investigación más adecuadas, asisten con material de apoyo y facilitan bibliografía;
- en el diseño de experimentos verifican cómo el estudiante aplica procedimientos científicos como un correcto control de variables;
- abren nuevas preguntas e interrogantes: ¿cómo se pone en juego “tal” tema visto en esta reacción?, y
- plantean contradicciones para que los alumnos tomen conciencia de sus errores conceptuales. Éstos se revisan con el apoyo del grupo y del docente.

Ante un experimento aceptado para su realización, el docente solicita que lleven adelante una secuencia POE (Chamizo, 1997): predicción, observación y explicación del evento. En la predicción los alumnos realizan una justificación de la misma por escrito. En la explicación reconcilian la anticipación y la observación. Por último, presentan la experiencia a los compañeros. Por razones de tiempo, la mayor parte de los experimentos que sugieren los alumnos quedan en la fase de diseño.

El hecho de que se trate casi exclusivamente con una única reacción química permite al alumno centrar su atención en aspectos conceptuales.

La elección de la temática propuesta como recurso integrador de conceptos es particularmente adecuada por diversos motivos. La reacción química entre el magnesio y el ácido clorhídrico es tradicionalmente empleada en la enseñanza de la química; por ejemplo, aparece sistemáticamente en los proyectos de renovación de la enseñanza de la química en la década de los sesenta (Nuffield, CHEMS y CBA) y en artículos más recientes como Birk y Walters (1993), etcétera. Además, con esta reacción es sencillo realizar experiencias cualitativas; por ejemplo, se destaca el uso de botellas y globos (Bergquist y Niewahner, 1993; Bartet y Espinoza, 1995), con los cuales es posible comparar los volúmenes de gas obtenidos.

Por esto de que “la integración comienza por casa”, primeramente, la tarea propuesta para los alumnos se llevó a cabo por el equipo de cátedra. Esta faceta fue muy enriquecedora dado que permitió formular preguntas y relaciones que no son corrientes en las actividades docentes más convencionales y llevó a la búsqueda de datos para dar respuesta a estos interrogantes. Culminó con la confección de un guión con preguntas problemáticas, posibles actividades experimentales, fórmulas y datos que pudieran ser necesarios para orientar el trabajo de los alumnos. Mucha de esta información no se encuentra fácilmente disponible. Esta recopilación intentó ser lo más exhaustiva posible, y se irá ampliando con el transcurso del tiempo, incorporando nuevos aspectos que surjan de las próximas realizaciones de esta actividad.

### Secuencia resultante

A continuación se presenta una secuencia de los aspectos más relevantes derivados del trabajo de los distintos grupos de estudiantes. Ésta incluye las problemáticas que se abarcaron ordenadas de acuerdo con la aparición de los temas en el programa:

#### *Sustancia y reacción química*

¿Cómo se presentan comercialmente el ácido clorhídrico y el magnesio?, ¿qué pureza tienen?, ¿en qué estado se encuentran?, ¿qué precauciones se deben tener en su manipu-

lación? Búsqueda de datos en tablas. Diferencia entre concentración y pureza. Lectura e interpretación de etiquetas en los envases.

¿Reaccionan entre sí? Balanceo de la ecuación química correspondiente, nombrando cada compuesto y especificando los estados de agregación.

Clasificación de la reacción según el criterio de: combinación, descomposición, simple o doble desplazamiento.

Experiencias cualitativas: reconocimiento de las sustancias participantes.

### Estequiometría y soluciones

Para ciertas cantidades iniciales de los reactivos ¿cuál es el reactivo en exceso y cuál es el limitante?

¿Qué volumen mínimo de la solución de ácido utilizada reacciona con el magnesio?

¿Cómo se prepara una solución de ácido 0.1 M?

¿Si colocamos el doble de masa de magnesio, obtenemos el doble de volumen de hidrógeno? Experiencia cualitativa de estequiometría con botellas y globos. Distintas masas de magnesio, a igual concentración de ácido.

Experiencia cualitativa para diferenciar masa y número de partículas (masa molar). Para iguales masas de Zn y Mg colocados en botella-globo con igual concentración de ácido.

### Titulación

¿Cómo se comprueba que la concentración del ácido es la que dice la botella? Experiencia cuantitativa: titulación con carbonato de sodio.

### Gases

¿Cómo se puede determinar experimentalmente el volumen de gas producido? ¿Cuántos moles de gas se obtuvieron? y Cálculo de la masa molar de magnesio.

¿Qué volumen de gas se obtiene a partir de un mol de Mg en CNPT?

### Uniones y fuerzas intermoleculares

¿Qué unión se presenta en cada compuesto? ¿Qué fuerzas se presentan en la disolución de la sal y del ácido?

¿Por qué no se disuelve el gas hidrógeno en el agua?

### Solubilidad

¿Se disuelve todo el cloruro de magnesio obtenido? Búsqueda del dato de solubilidad de la sal en tablas.

¿De qué depende la solubilidad?

### Propiedades coligativas

En condiciones estequiométricas: ¿cómo varía la presión de vapor del agua en la solución final formada?

¿A qué temperatura se congela la solución formada?

### Termodinámica

¿La reacción es endotérmica o exotérmica? Comprobación experimental: a) cualitativo: con el tacto; b) cuantitativo: uso de calorímetros.

¿Cómo se puede anticipar lo que ocurrirá experimentalmente? Cálculos: uso de tablas de entalpías de formación.

De acuerdo con los estados de agregación de todas las especies de esta reacción, ¿qué variación de entropía se espera?

¿Por qué se produce la reacción? ¿Es espontánea?

¿Cómo se determina que la reacción es espontánea? Cálculo de  $\Delta H_r$ ,  $\Delta S_r$  y  $\Delta G_r$ : uso de tablas.

### Ácidos y bases

¿El magnesio reacciona con un ácido débil como el acético?

Experiencia cualitativa: Fuerza ácida. Botella-globo: se coloca igual masa de Mg en soluciones de igual concentración de un ácido débil (acético) y ácido fuerte (HCl).

En condiciones estequiométricas ¿cuál es el pH de la solución resultante?

### Óxido reducción

¿Es una reacción de óxido reducción? ¿Cuál especie se oxida y cuál se reduce? Planteo de las dos semirreacciones.

¿Es espontánea? Relación entre  $\Delta G_r$  con el E de la reacción global. Uso de  $\Delta G_r = -nFE_r$

Si la concentración se reduce a 0.01 M ¿ocurrirá la reacción?. Uso de la ecuación de Nernst.

¿El Mg reacciona con el agua?

El Mg reaccionó con un ácido fuerte. ¿También lo hará con una base fuerte como el hidróxido de sodio? Comprobación experimental.

¿Por qué el alambre de cobre conque se ató a la cinta de Mg en la experiencia de gases, no reaccionó con el ácido clorhídrico?

¿Por qué se utiliza el magnesio como ánodo de sacrificio en la protección contra la corrosión?

Otra aplicación del Mg es en flashes o pirotecnia: descripción de la reacción correspondiente.

Experiencia cualitativa: combustión del magnesio.

¿Por qué se encuentran oxidadas las cintas de Mg?

### Equilibrio químico

¿La reacción está en equilibrio?

Si el sistema es cerrado ¿la reacción alcanza el equilibrio?

Cálculo de  $K$  a partir de  $\Delta G_r$ . Uso de  $\Delta G_r = RT \ln K$

### Cinética química

¿Qué factores afectan la velocidad de esta reacción?

Discusión sobre la apariencia de que la velocidad aumenta con el tiempo debido al consumo de la capa de óxido de la cinta de magnesio.

Experiencias cualitativas con botellas y globos. Efecto del área específica; por ejemplo, granallas de Mg y cinta de Mg. Efecto de la temperatura.

¿Cuál es el orden de la reacción? Experiencias cuantitativas: iguales longitudes de cinta, distintas concentraciones de ácido. Expresión de la ley de velocidad.

¿Qué otro parámetro se puede medir para hallar la ley de velocidad?

### Evaluación

Durante la actividad se observó un ambiente de trabajo en el que todos los estudiantes estaban involucrados activamente. Los estudiantes mostraron entusiasmo y percibieron que cada uno podía aportar en algún grado desde sus conocimientos previos. A medida que transcurrió la actividad actuaron con mayor autonomía y, al final de la misma, concluyeron que les facilitó la integración entre teoría y práctica. También manifestaron que fue de mucha utilidad para la reafirmación de conceptos y como apoyo a la preparación de los exámenes.

La realización de la actividad propuesta permitió obtener una mejora en los resultados en el último examen parcial y en los exámenes finales, ya que los alumnos relacionaban con mayor fluidez distintas unidades de la asignatura.

Los estudiantes presentaron un informe escrito de lo realizado en cada grupo. En los informes sugirieron aplicaciones a situaciones no previstas y relacionaron conceptos en forma independiente de acuerdo con criterios propios. Esto permitió realizar una retroalimentación al guión previo confeccionado por los profesores.

La actividad constituyó un ámbito para formular preguntas que quizá, lamentablemente, en otros contextos no se atreven a expresar.

Por el tiempo que requirió este tipo de trabajo de integración (4-5 horas) y por los resultados obtenidos, se evaluó como conveniente plantear la realización de esta actividad dos veces al año, al finalizar el primer semestre y al finalizar el segundo, si la asignatura es anual.

### Conclusiones

Entre las ventajas de esta propuesta se destacan:

- Rescata las preguntas centrales que responde cada capítulo de la química. Estas preguntas, u objeto de estudio de cada capítulo, a veces quedan en un segundo plano detrás de un cúmulo de información específica aislada.
- Los estudiantes planifican experimentos contextualizados, desde una estructura conceptual, con el objetivo de ilustrar conceptos y leyes. Dan sentido a las experiencias que realizan.
- Tratar con una única reacción química evita distracciones por aspectos descriptivos o secundarios, lo que

facilita la concentración en aspectos conceptuales.

- Esta tarea permite que cada grupo trabaje a su ritmo. El grupo atiende las diferencias individuales.
- Sirve como diagnóstico, tanto para el estudiante como para el docente, de las dificultades conceptuales que perduran.
- Enseña el tipo de trabajo de integración que debe realizar cualquier alumno antes de un examen.
- Brinda un espacio de articulación entre los miembros del equipo de cátedra, de discusión y aprendizaje, contribuyendo de una manera efectiva al perfeccionamiento docente.

En el intercambio docente-alumno y alumno-alumno se comparten significados, la exposición unidireccional es reemplazada por una interacción activa. El rol de profesor se descentraliza, ya no es él quien secuencía los temas, identifica los problemas, genera hipótesis, plantea el diseño de experimentos y los métodos para manipular e interpretar los datos obtenidos de la observación. El foco está en la comprensión del estudiante a partir de una problemática concreta y mediante un proceso dinámico de estructuración del conocimiento. ▀

### Bibliografía

- Angelini, M y otros, *Temas de Química General*, Eudeba, Buenos Aires, 1994.
- Ausubel, DP, Novak, JD y Hanesian, H, *Psicología educativa*, Trillas, México, 1983.
- Bartet, D y Espinoza, O, Cantidad de sustancia, una ilustración experimental, *Educ. quím.*, 6[2] 136-138, 1995.
- Bergquist, W y Niewahner, J, A visual illustration of oxidation numbers and moles, *J. Chem. Educ.*, 70[7] 586, 1993.
- Birk, JP y Walters, DL, Pressure measurements to determine the rate law of magnesium-hydrochloric acid reaction, *J. Chem. Educ.*, 70[7] 587-589, 1993.
- Chamizo, JA, Evaluación de los aprendizajes. Tercera parte. *Educ. quím.*, 8[3] 141-145, 1997.
- Chang, R, *Química* (4<sup>o</sup> ed.), Mc Graw Hill, México, 1992.
- Hanson, D y Wolfskill, T, Improving the teaching/learning process in General Chemistry, *J. Chem. Educ.*, 74[2] 143-147, 1998.
- Hodson, D, Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Ens.Cien.*, 12[3] 299-313, 1994.
- Landau, L, Sileo, M y Lastres, L, Transformación de un trabajo práctico tradicional, *Educ. quím.*, 8[4] 200-204, 1997.
- McQuarrie, DA y Rock, PA, *General Chemistry* (3<sup>o</sup> ed.), Freeman, New York, 1991.
- Rugarcía, A, El aprendizaje en equipo, en acción. *Educ. Quím*, 6[4] 206-209, 1995.