

# El papel de los experimentos en la enseñanza integrada de la Fisicoquímica

Carmen M. Romero, Luis H. Blanco<sup>1</sup>

## **Abstract (The role of experiments in integrated teaching of Physical Chemistry)**

In this work we present a methodological approach theory-practice for teaching Physical Chemistry, that can be extended to other branches of Chemistry. The proposal is based on the definition of conceptual areas around which, lectures, experiments, exercises and individual work using mainly digital tools, are integrated.

Experimentation is considered as a fundamental source of knowledge that can not be separated from theory. When both of them are integrated the students easily understand abstract concepts, general laws and they are able to relate observations and formalism, and to establish a bridge between their knowledge and their own experience.

## **Introducción**

Aunque en diferentes instituciones, países y culturas hay en general un consenso respecto de los temas que deben ser incluidos en los cursos de Fisicoquímica, la enseñanza de esta materia afronta diversos problemas que son comunes, así los enfoques metodológicos y de comunicación empleados sean diferentes (Lagowski, 1998; Romero, 1998).

Los profesores e investigadores hablan de la falta de motivación e interés de los estudiantes, de su incapacidad para asimilar conceptos abstractos y para integrar los conocimientos transmitidos con situaciones prácticas, así como del papel negativo que los conceptos previos tienen en el proceso de aprendizaje (Solaz-Portolés y Moreno-Cabo, 1998 y trabajos citados).

Los estudiantes, por su parte, consideran que el aprendizaje de los conceptos básicos de la Fisicoquímica es un proceso difícil. Sienten que los temas no son significantes y no ven su relación con otras ramas de la Química y menos aún, con otras ciencias. En resumen, no saben cómo aplicar esos conocimientos

para examinar y comprender la naturaleza ni se sienten adecuadamente formados como científicos (National Research Council, 1997).

La investigación adelantada en la Universidad Nacional de Colombia nos ha llevado a concluir que esta situación no es natural. Una metodología orientada a la transmisión y no a la creación de conocimientos, una frecuente y desafortunada tendencia a mostrar esta ciencia como un tema terminado y agotado en donde el contexto histórico, la investigación y el conocimiento nuevo no tienen lugar, la falta de integración entre teoría y práctica y la ausencia de herramientas adecuadas, son factores que tienen una influencia definitivamente negativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En estas condiciones, el aprendizaje se reduce necesariamente a la memorización de un gran conjunto de definiciones y demostraciones que no tienen ninguna relación con la naturaleza o con la vida diaria, en medio de un aburrido proceso en el cual la creatividad, la curiosidad, la investigación y el conocimiento nuevo no tienen cabida.

La situación planteada muestra claramente la necesidad de efectuar cambios importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con énfasis especial en los aspectos relacionados con la metodología y las estrategias de comunicación (Romero, 1998). Éstos son precisamente los aspectos considerados en la propuesta que aquí se presenta, la cual está orientada a la generación de un ambiente adecuado que estimule el cambio de actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje y la comprensión de la Fisicoquímica.

## **La enseñanza integrada teórico-práctica**

A lo largo de la historia el hombre ha buscado satisfacer su curiosidad y sus necesidades tratando de entender el mundo que le rodea para luego aplicar esos conocimientos a fin de transformar la naturaleza en su propio beneficio. En este contexto, las observaciones, junto con los conocimientos previos llevan a plantear un problema bien definido y a establecer hipótesis que puedan ser contrastadas experimentalmente. En consecuencia, los experimentos son diseñados y desarrollados para obtener nuevos conocimientos.

<sup>1</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

E-mail: cmromero@ciencias.ciencias.unal.edu.co

Recibido: 23 de octubre de 1998;

Aceptado: 11 de septiembre de 2000

Esta orientación, que constituye la base del método científico, también se convierte en el fundamento de la propuesta de integrar teoría, experimentos, observaciones y ejercicios alrededor de áreas conceptuales bien definidas y coherentes respecto a otras áreas y asignaturas.

En cada asignatura, los temas se organizan en unas pocas áreas. El estudio de cada una de ellas se inicia con una reflexión sobre aspectos históricos relacionados y con observaciones acerca de la importancia y aplicaciones del área, lo que debe llevar a plantear claramente sus objetivos. Los temas centrales de cada área se desarrollan combinando exposiciones por parte del profesor, experimentos directamente relacionados con el tema estudiado (Romero y Blanco, 1996), experiencias demostrativas ojalá muy llamativas (Shakhashiri, 1985), trabajo individual usando software y la WWW (Brooks, 1997, Project Seraphim ACS) y ejercicios de los cuales algunos incluyen datos obtenidos en el laboratorio por los mismos estudiantes.

En los cursos tradicionales de Físicoquímica, el trabajo experimental está orientado eminentemente hacia el entrenamiento en el uso de técnicas e instrumentos. Por esta razón, en muchos casos los temas de las prácticas desarrolladas en el laboratorio están totalmente desligados de los temas que se desarrollan en las clases de teoría. En estas condiciones el estudiante realiza experimentos sin que logre entender el problema estudiado ni la finalidad del experimento, así obtenga datos que permitan demostrar leyes o generalizaciones previamente establecidas. En consecuencia, el experimento si bien produce resultados, no conduce a la generación de conocimientos y puesto que el alumno no logra entender, ni alcanzar los objetivos propuestos, difícilmente alcanza el nivel de comprensión que le permita identificar su relación con el problema estudiado.

Esta situación, consecuencia de la falta de integración entre teoría y práctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es responsable de la mayoría de las actitudes negativas que presentan los estudiantes. En particular, la supuesta incapacidad de asimilar conceptos, formalizar matemáticamente y de reelaborar ideas previamente adquiridas.

Es por ello que la organización y el diseño del trabajo experimental y en consecuencia, la selección de los experimentos de laboratorio que se realicen en cada área, es fundamental para el desarrollo integral de la metodología teórico-práctica. En cada caso deben escogerse y en muchas ocasiones dise-

ñarse un número suficiente de experimentos relacionados con los temas principales que incluye el área. Los sistemas deben ilustrar claramente diferentes tipos de comportamiento.

El software, los videos y la WWW, así como otras ayudas tecnológicas deben ser usados para complementar y reforzar el proceso de enseñanza y para obtener una participación más activa de los estudiantes. Un aspecto muy importante es que estas herramientas deben ayudar a que el estudiante trabaje a su propio ritmo, permitiendo que cada individuo, de acuerdo con sus propias características, se involucre efectivamente en el proceso de enseñanza y de aprendizaje (Ellis y Fouts, 1993; Parker, 1997; Swift y Zielinski, 1997).

Se ha encontrado que para que la metodología integrada teórico-práctica tenga éxito, la planeación y organización de cada área temática debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Búsqueda y selección del material de las exposiciones.
- Elección de unas pocas y precisas referencias bibliográficas.
- Selección de experimentos y experiencias demostrativas.
- Elección de los sistemas que serán estudiados.
- Selección del material audiovisual y del software que será empleado por profesores y estudiantes.
- Búsqueda y hallazgo de los temas que serán consultados por los estudiantes mediante lecturas complementarias y de la WWW.

El sistema de evaluación debe ser revisado de acuerdo con la metodología propuesta ya que debe estar orientado a determinar, de modo integral, el grado de asimilación por parte del estudiante, de los principales conceptos y habilidades desarrollados en cada área. En esta propuesta, la evaluación de cada área se realiza mediante el siguiente mecanismo:

- Un examen escrito orientado a determinar la visión y el razonamiento químico del estudiante y su dominio de principios generales y sus aplicaciones.
- Un informe de laboratorio sobre los experimentos realizados en el área. La evaluación incluye el desempeño del estudiante en el laboratorio, la calidad de los resultados, el tratamiento de los datos y la discusión y el análisis realizado.
- Ejercicios y otros trabajos.
- Seminario del área. Cada grupo de estudiantes

presenta ante el grupo uno de los experimentos realizados. La discusión de los resultados experimentales enmarcada dentro de los principios teóricos estudiados debe involucrar a todos los estudiantes. El profesor debe conducir la discusión para sacar el mejor provecho de ella, de modo que el seminario además de cumplir un papel integrador, se constituya en un medio efectivo de socialización de los conocimientos adquiridos individualmente. La evaluación debe tener en cuenta las exposiciones y la participación activa en la discusión.

### Áreas conceptuales de la Físicoquímica Básica

Aunque cada currículo tiene sus características especiales, la mayoría de los programas de Físicoquímica desarrollan con mayor o menor intensidad los siguientes temas o áreas conceptuales (ver por ejemplo, Core Physical Chemistry of European Universities):

#### ÁREAS CONCEPTUALES DE FÍSICOQUÍMICA BÁSICA

Propiedades de gases	Fenómenos de superficie
Termodinámica	Fenómenos de transporte
Propiedades de mezclas	Electroquímica
Equilibrio químico	Cinética y catálisis
Equilibrio de fases	

#### PROPIEDADES DE GASES Tópicos principales

- Las leyes de los gases
  - La ley de Boyle
  - La ley de Charles
  - La ley de Amonton
  - El principio de Avogadro
  - La ley de Dalton
- Ecuación de gases ideales
- El modelo de los gases perfectos
- Teoría cinética de gases
- Gases reales
  - Interacciones moleculares
  - Ecuación de van der Waals

desarrollo del curso Integrado de Físicoquímica que se ofrece en la Universidad Nacional de Colombia.

### EXPERIMENTOS

(Romero y Blanco, 1996; Blanco y Romero, 1995)

- Cambio del volumen de un gas con la temperatura
- Efecto de flotación y su relación con la temperatura
- Efecto de la presión en el volumen de un gas
- Efecto de la temperatura en la presión de un gas
- Densidad y peso molecular aparente del aire
- Determinación de bicarbonato en Alka-Seltzer
- Peso molecular de un gas
- Determinación de la Constante Universal de los gases
- Densidad de líquidos y sólidos usando un gas (Blanco, Romero y Torres, 1998)
- Efecto Joule-Thomson

### EQUILIBRIO DE FASES

#### Tópicos principales

#### ENERGÍA LIBRE Y EQUILIBRIO DE FASES

##### La regla de las fases

##### Sistemas de un componente

- Equilibrio líquido-vapor
- Equilibrio sólido-vapor
- Equilibrio líquido-sólido
- Diagramas de fases de sistemas

##### Sistemas de dos componentes

- Equilibrio líquido-líquido
- Equilibrio líquido-vapor
- Equilibrio líquido-sólido

##### Sistemas ternarios

- Equilibrio líquido-líquido
- Equilibrio líquido-sólido

##### Métodos de separación

- Destilación
- Cristalización
- Reparto entre disolventes

A manera de ilustración, se presentan a continuación los principales tópicos y experimentos considerados en dos de las áreas mencionadas: Propiedades de Gases y Equilibrio de Fases durante el

### EXPERIMENTOS (Romero y Blanco 1996)

- Presión de vapor del naftaleno
- Presión de vapor de un líquido en función de temperatura

- Punto triple del ácido salicílico
- Equilibrio líquido-líquido
- Efecto de un tercer componente sobre la temperatura crítica de solución
- Equilibrio líquido-sólido. Formación de eutéctico simple
- Equilibrio líquido-sólido. Formación de compuesto de fusión congruente
- Equilibrio líquido-vapor. Sistema ideal y sistemas con desviaciones positivas y negativas a la Ley de Raoult (Blanco, Romero y Munar, 1995)
- Destilación fraccionada
- Cristalización
- Coeficiente de reparto

### Resultados

La propuesta metodológica presentada ha sido utilizada en cursos de fisicoquímica para estudiantes de las carreras de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Colombia y en el curso La Metodología de la Investigación Científica para profesores de secundaria.

Los resultados muestran que la alta valoración dada a la componente experimental y su integración con los aspectos teóricos propios del curso genera un incremento en el interés y en la participación activa de los estudiantes. Al mismo tiempo se observa una mayor comprensión de los conceptos y leyes estudiados y una mayor habilidad para aplicar dichos conceptos a un amplio espectro de situaciones. ▣

### Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero de la Universidad Nacional de Colombia.

### Referencias

American Chemical Society, *Project SERAPHIM, Educational Software for Chemistry*, <http://ice.chem.wisc.edu/seraphim>  
 American Chemical Society, *Chemistry in the National*

*Science Education Standards*, Education Division, Washington, 1997.

Blanco L.H., Romero C.M., A systematic test of the ideal gas equation for the general chemistry laboratory, *J. Chem. Educ.*, **72**, 933. (1995).

Blanco L. H., Romero C. M. Torres A., Determination of densities of solids and liquids using a gas, *The Chemical Educator*, **3**, 3, 1998, <http://journals.springer-ny.com/chedr>

Blanco L.H., Romero C.M., The vapor pressure of liquid binary solutions: An experiment for the Physical Chemistry Laboratory, *J. Chem. Educ.*, **72**, 1144. (1995).

Brooks, D.W., *Web-Teaching*, Plenum Press, New York, 1997.

Ellis, A. y Fouts J., *Research on Education Innovations Eye on Education*, New York, 1993.

Lagowski, J.J., Chemical Education: past, present and future. *J. Chem. Educ.* **75**, 425, 1998.

National Research Council, *Science Teaching Reconsidered*. National Academy Press, Washington D. C., 1997.

Parker, A., Pedagogical Reengineering, *Educational Technology Review*, **8**, 11 (1997).

Romero C.M. y Blanco, L.H., *Tópicos en Química Básica. Experimentos de Laboratorio*, Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales, Ed. Guadalupe, Bogotá, 1996.

Romero C.M. Visualizing the concepts of Physical Chemistry, 15<sup>th</sup> Biennial *Conference on Chemical Education*, Waterloo, Canada, agosto 9-13, 1998.

Solaz-Portolés, J.J. y Moreno-Cabo, M., Enseñanza-aprendizaje de la ciencia *versus* historia de la ciencia, *Educación Química*, **9**, 80-85, 1998.

Swift, M.L., Zielinski, T. What Every Chemist should know about computers, *The Chemical Educator*, **2**, 1997, <http://journals.springer-ny.com/chedr>

Shakhashiri, B. Z., *Chemical Demonstrations*, **1 y 2**, The University of Wisconsin Press, Madison, 1985.