

# NATURALEZA DE LA CIENCIA E INDAGACIÓN EN UN TEXTO DE “QUÍMICA UNIVERSITARIA”

**GARRITZ<sup>1</sup>, ANDONI; GASQUE<sup>1</sup>, LAURA y MARTÍNEZ<sup>2</sup>, ANA**

<sup>1</sup> Facultad de Química

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Materiales

Universidad Nacional Autónoma de México.

04510 México, D.F

<andoni@servidor.unam.mx>

---

**Palabras clave:** Química Universitaria; Libros de texto; Indagación y escepticismo; Naturaleza de la ciencia; Objetivos Química General.

## OBJETIVO

Pretendemos recoger las características expresadas en la literatura, que son deseables para un libro de texto de ciencias, en general, y de uno sobre Química General, en particular. Analizamos las características sobre naturaleza de la ciencia, indagación y fomento del escepticismo de un libro de *Química Universitaria* de los autores, aparecido en 2005 (Garritz, Gasque y Martínez, 2005).

## MARCO TEÓRICO I. Las ideas sobre los libros de texto de ciencias.

Artículos recientes en revistas de didáctica de las ciencias hablan sobre los objetivos de los libros de texto científicos y apuntan la trascendencia que tienen como elemento didáctico en el que se apoya una buena cantidad de profesores (Perales y Jiménez, 2002; Del Carmen y Jiménez-Aleixandre, 1997).

Sin embargo, siguen existiendo quejas acerca del carácter mercantil de muchas editoriales que, lejos de cumplir con objetivos didácticos, promueven libros con problemas de oscuridad, de ambigüedad, de integración, de legibilidad, de soluciones algorítmicas, entre otros. (Córdova *et al*, 2003).

En tal sentido, Izquierdo y Rivera (1997) han apuntado las características deseadas para los autores de los libros de texto y los objetivos que deben satisfacer al realizar su obra:

“Precisamos, quizás, nuevos textos escritos por didactas. Para ello deberemos distinguir con cuidado las ideas científicas que están al alcance de las alumnas y los alumnos, determinar el objetivo que queremos alcanzar con el libro, presentar el «mundo» en el que estas ideas y objetivos tienen validez de manera consistente y estructurar el texto del modo más adecuado para facilitar su lectura.”

Según León (1999), para que se produzca una comprensión adecuada del contenido de un texto, el lector requiere alcanzar los siguientes logros:

- Desentrañar las ideas que encierran las palabras (y las oraciones) del texto, o sea, construir ideas con las palabras del texto;

- Conectar las ideas entre sí, esto es, componer un hilo conductor entre ellas;
- Diferenciar y jerarquizar el valor de las ideas en el texto, hasta adquirir lo que se denomina una macroestructura;
- Reconocer la trama de relaciones que articulan las ideas globales, la superestructura.

Este complejo entramado de ideas, conocido como “comprensión del discurso” debe producirse en el lector con la lectura del texto.

Bell y Lederman (2003) nos recuerdan que el propósito de un libro de ciencia no puede ser únicamente el de transmitir una serie de conocimientos científicos fríos, sino, a la par, encargarse de que las alumnas y los alumnos se lleven la idea de que el conocimiento y las ideas científicos tienen mérito y que debemos confiar en ellos.

## **MARCO TEÓRICO II. Las ideas sobre los temas del curso de Química General.**

Analizamos algunos artículos que tocan los objetivos del curso de Química General y hablan sobre los temas que deben ser reforzados, recortados o disminuidos. Se relata a continuación un resumen de sus conclusiones más importantes. Este material fue considerado por los autores desde 1998 para elaborar el libro *Química Universitaria* (Garritz, Gasque y Martínez, 2005).

Lloyd (1992, 1994) hace una revisión de las transformaciones curriculares más importantes del siglo xx, concluyendo sobre los deberes del curso universitario de química del futuro:

- Presentar una visión global de la química y de su significado para la civilización;
- Desarrollar en los alumnos el aprecio del espíritu y del método científicos;
- Desarrollar en los estudiantes el juicio crítico, la auto-afirmación, la argumentación y la capacidad de razonar por ellos mismos;
- Propiciar un interés sostenido hacia la química.

Gillespie (1993; 1997) escribe un par de trabajos en los que llega a cuatro recomendaciones para la elaboración de libros de texto de química:

- Hacer énfasis continuo en la relación entre el mundo macroscópico y el mundo microscópico;
- Cortar todos los detalles innecesarios y el trabajo arduo, concentrándose en qué se necesita para entender la química;
- Mostrar una química de amplio contexto;
- Hacer libros más reducidos.

Hawkes (1995) toca aspectos particulares del curso de química general y extienden las siguientes recomendaciones:

- Incorporar al curso tanto temas de la frontera del conocimiento como otros de interés industrial y social;
- Preguntarse sobre la “necesidad de que los estudiantes conozcan en este momento” cada tema, con tal de reducir contenidos;
- Reducir el énfasis en la resolución de problemas numéricos, yendo más al fondo de los conceptos básicos;
- Añadir más experimentación, e incluso guiar el curso por medio del laboratorio;
- Involucrar más a los estudiantes, ayudarles a formar la capacidad de analizar datos e interpretar información y hacer énfasis en la metodología de la ciencia.

En 1996, el *National Research Council* publica los estándares de la educación científica de los Estados Unidos, en los que se hace un fuerte énfasis del concepto de “indagación”:

“La indagación es una actividad multifacética que involucra hacer observaciones; hacer preguntas; examinar libros y otras fuentes de información para saber qué es lo que ya se sabe; planear investigaciones; revisar lo que se sabe en función de la evidencia experimental; utilizar herramientas para reunir, analizar e interpretar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones; y comunicar los resultados. La indagación requiere la identificación de suposiciones, el empleo del razonamiento crítico y lógico y la consideración de explicaciones alternativas.” (p.23)

## **DESARROLLO DEL TEMA**

En 1998 empezamos la escritura del libro de Química Universitaria, para lo cual nos trazamos los siguientes objetivos, para lograr que el estudiante:

- Aprecie la estructura global de la química, sin desagregarla en sus supuestas porciones constitutivas (físicoquímica, inorgánica, orgánica, analítica, bioquímica, etc.);
- Enlace la teoría con la práctica, para entender cómo una retroalimenta a la otra en el desarrollo de la ciencia. Se persigue que el aprendizaje práctico se convierta en guía para montar el proceso de indagación, que parte del escepticismo;
- Aplique los modelos científicos más simples al entendimiento de los fenómenos químicos; y
- Entienda el papel crucial que ha jugado la química en el desarrollo de la sociedad, sopesando las calamidades que pueden derivar de su aplicación irracional.

Otras motivaciones que nos parecen importantes de resaltar son:

- Presentación de la química universitaria de una forma didáctica, atractiva e interesante para los estudiantes hispanoamericanos, lo cual implica que se incorporen ejemplos de la química desarrollada en esta región;
- Tratamiento de la química con una perspectiva amplia;
- Cobertura, con la misma jerarquía e intensidad, tanto de los conceptos básicos, como algunos de los descubrimientos recientes en la frontera del conocimiento o aspectos de aplicación en las diferentes áreas;
- Énfasis en la formación de capacidad de abstracción; de razonamiento crítico; de indagación, búsqueda, análisis y discriminación de información; de trabajo en equipo y de resolución de problemas;
- Abordaje de la formación del espíritu científico, es decir, el carácter racional, escéptico, sistemático e inquisitivo del alumnado, así como la faceta ética de la ciencia, en la búsqueda de un adecuado equilibrio entre los riesgos y beneficios que nos aporta la química.

En este congreso, deseamos hacer énfasis sobre dos de los enfoques principales del texto:

1) **Las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia.** El entendimiento público de la naturaleza de la ciencia ha sido señalado indirectamente como una componente crítica de la democracia, en la cual las personas deben tomar sus propias decisiones sobre aspectos basados en ciencia y tecnología (Bell y Lederman, 2003). Es conveniente recordar también el trabajo de Osborne *et al* (2003), quienes acaban de hacer un estudio con las opiniones de expertos sobre las ideas acerca de la ciencia que deben incorporarse en la educación. En el segundo artículo de la serie, Bartholomew, Osborne y Ratcliffe (2004) nos indican que la enseñanza sobre la ciencia debe ser hecha explícitamente y especifican los extremos entre los que se mueven los profesores.

2) **La indagación en la educación científica.** Se ha llegado a la conclusión de que la indagación es una actitud sin par para desarrollarla en los libros de texto. Por ejemplo, desde hace tiempo se hace énfasis en la importancia de esta estrategia didáctica y su conexión con la enseñanza experimental. Un personaje clave en este tema es Schwab (1966), ya que su visión sugirió que los profesores deberían presentar la ciencia como una indagación y que los estudiantes deberían emplear la indagación para aprender los temas de la ciencia. Para lograr estos cambios, recomendó que los profesores de ciencia utilizaran primero al laboratorio y usarán estas experiencias para guiar la fase de la enseñanza teórica de las ciencias.

## **RESULTADOS**

El texto se ha estructurado en cuatro grandes apartados y diecinueve capítulos:

**1. Introducción** (1 capítulo). Se inicia con la discusión de si la química es “benefactora o villana”, entrando en materia con el tema de la indagación y de los aspectos éticos de la ciencia.

**2. Manifestaciones de la materia** (10 capítulos). De naturaleza descriptiva, que contiene los aspectos fenomenológicos de la química (estructura, estequiometría, termoquímica, cinética y equilibrio).

**3. La teoría** (5 capítulos). Se recogen los principales aspectos de la estructura de la materia, para desembocar en las interacciones enlazantes, analizadas de menor a mayor intensidad, concluyendo con las teorías de enlace-valencia y de orbitales moleculares.

**4. La aplicación** (3 capítulos). Entramos en la química de algunas reacciones comunes. Los hechos se presentan de una forma sistematizada, basada en la tabla periódica, lo cual permite al estudiante adquirir la capacidad de predecir.

#### **Naturaleza de la ciencia**

Adicionalmente al desarrollo de los temas químicos en cada capítulo, aparecen con frecuencia las siguientes secciones, que pretenden dar una idea más clara a los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia:

1. “CON ESCEPTICISMO”. Se pretende convencer a los estudiantes de lo sano que es disentir, preguntarse cuestiones y ponerse a indagar sobre ellas. Se pretende ayudar a formar el espíritu inquisitivo y la apreciación de valores.

2. “CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (CTS)”. Temas de aplicación en los que la ciencia y la tecnología químicas han tenido repercusiones en la elevación de la calidad de vida o sobre algún otro parámetro social.

3. “QUÍMICA HISPANOAMERICANA”. Descripción de algún problema local o global que fue resuelto o producto del avance de la ciencia por investigadores de la región.

4. “DE FRONTERA”. Hallazgos científicos espectaculares recientes (de los últimos veinte o treinta años).

5. “DEL PASADO...”. Cita histórica sobre un científico o ingeniero, o acerca del desarrollo de un concepto.

#### **Indagación**

Cada capítulo posee los siguientes elementos en relación con este enfoque:

- “¿CÓMO SE RESUELVE?”. Ejercicio resuelto con todo detalle.
- “TE TOCA A TI”. Ejercicio individual de reflexión y acción, para que el estudiante lo resuelva.
- “EN EQUIPO”. Trabajos para desarrollar en grupo, sea en la clase o en la casa.
- “EN LA RED”. Recomendaciones sobre direcciones electrónicas donde se puede encontrar información interesante.
- “PROBLEMAS Y ACTIVIDADES PROPUESTOS”. Ejercicios al final del capítulo.

Además, aparecen las siguientes secciones, que pretenden encaminar por la indagación la mente de los estudiantes:

- “DESCÚBRELO TÚ”. Contiene atractivos experimentos (algunos de ellos en microescala), en los que se busca que el estudiante sea capaz de resolver un problema o encontrar la respuesta a una pregunta iniciadora, no limitándose meramente a “observar” o “comprobar” los fenómenos. Se guía al estudiante en lo que debe hacer. La respuesta a la pregunta iniciadora debe obtenerse como resultado del experimento, es decir, no se da en el libro.
- “CON ESCEPTICISMO” (Véase su descripción un poco más arriba).

#### **CONCLUSIONES**

Se concluye que los libros de texto de ciencia del siglo XXI deben tener muchos más elementos que los libros tradicionales, donde sólo se desarrollan conocimientos científicos, sin preguntarse acerca de su ori-

gen, de su fiabilidad, de cómo se obtuvieron, en qué momento histórico, si ello ocurrió con cooperación y colaboración, para qué se utilizan comúnmente, qué beneficios reportan para la sociedad, y otras cuestiones en relación con la naturaleza de la ciencia. Igualmente, otro aspecto crucial para enfocar la educación científica del futuro es el de la indagación, incluido el fomento del escepticismo.

Ambos aspectos han sido desarrollados en nuestro texto como se indica, habiéndose tenido éxito en no agrandar demasiado su volumen (tiene 664 páginas, un número menor al de los textos de Química General traducidos recientemente del inglés, y un espesor de 3.1 cm), aunque un buen número de secciones están dedicadas al refuerzo de los dos aspectos considerados como importantes en este trabajo: la naturaleza de la ciencia y la indagación.

## REFERENCIAS

- BARTHOLOMEW, H., OSBORNE, J. y RATCLIFFE, M. (2004). Teaching Students “Ideas-About-Science”: Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education* 88, pp. 655–682.
- BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (2003). Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues, *Science Education* 87, pp. 352–377.
- CÓRDOVA, J.L., DOSAL, A., FEREGRINO, V., ORTIZ, L. y REZA, C. (2003). Hermenéutica de un tema de Química General en un “best seller”, *Educación Química* 14(2), pp. 86-94.
- DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique* 11, pp. 7-14.
- GARRITZ, A., GASQUE, L. y MARTÍNEZ, A. (2005). Química Universitaria, México: Pearson Educación. 664 págs. (ISBN 97-02602-92-0).
- GILLESPIE, R. J. y HUMPHREYS, D. A. (1993). Descriptive Chemistry in the General Chemistry Course. A new approach, *J. Chem. Educ.* 70(7), pp. 528-530.
- GILLESPIE, R. J. (1997). Reforming the General Chemistry Textbook, *J. Chem. Educ.* 74(5), pp. 484-485.
- HAWKES, S. J. (1995). pKw Is Almost Never 14.0: Contribution from the Task Force on the General Chemistry Curriculum, *J. Chem. Educ.* 72(9), pp. 799-802.
- IZQUIERDO, M. y RIVERA, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique* 11, pp. 24-33.
- LEÓN, J. A. (1999) Mejorando la comprensión y el aprendizaje del discurso escrito: estrategias del lector y estilo de escritura. En J. I. Pozo y C. Monereo (coords.), *El aprendizaje estratégico*, Madrid: Aula XXI-Santillana, 1999. Pp. 153-169.
- LLOYD, B. W. (1992). Review of Curricular Changes in the General Chemistry Course during the Twentieth Century, *J. Chem. Educ.* 69(8), pp. 633-636.
- LLOYD, B. W. y SPENCER, J. N. (1994). New Directions for General Chemistry, *J. Chem. Educ.* 71(3), pp. 206-209.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1996). National Science Education Standards, Washington, DC: National Academy Press.
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2003). What “Ideas-about-science” Should be Taught in School Science, *J. Res. Sci. Teach.* 40(7), pp. 692-720.
- PERALES, F. J., y JIMÉNEZ, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto, *Enseñanza de las Ciencias* 20(3), pp. 369-386.
- SCHWAB, J. (1966). *The Teaching of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.