

# Las áreas emergentes de la educación química: Naturaleza de la química y progresiones de aprendizaje

Andoni Garritz<sup>1</sup> y Vicente Talanquer<sup>2</sup>

## ABSTRACT (Emergent topics in Chemistry Education: Nature of Chemistry and learning Progressions)

We have decided to open the section "Emergent topics in Chemistry Education" to update our readers on the most relevant topics in Chemical Education. Chemistry education has changed and will continue doing so because of the emergence of new educational interests. It is thus necessary that we become aware of these new ideas to improve both our teaching and educational research. In this editorial piece we include a brief description of two of the Emergent Topics selected for years 2012 and 2013 as especial themes for our Journal: Nature of Chemistry and Learning Progressions.

**KEYWORDS:** chemistry education, emergent topics, novelties

Hemos decidido, durante los años 2012 y 2013, abrir la sección "Las áreas emergentes de la educación química" para poner al día a los lectores en los temas más relevantes sobre el título de nuestra revista. La educación química se ha venido transformando porque han surgido y seguirán surgiendo áreas emergentes en el terreno educativo. Es necesario que sigamos estos cambios que se dan a nivel mundial para mantener actualizada nuestra docencia e investigación educativa.

A partir de 2012 estamos enfocados en las siguientes áreas emergentes de la educación química, y a esta altura ya han aparecido los dos primeros números mencionados de la revista:

- 1) Febrero (número extraordinario). "Enseñanza experimental de la química. Nuevos derroteros". Coordinó Gisela Hernández Millán (México).
- 2) Abril (número ordinario). "Evaluación de la actividad docente". Coordinó José Antonio Chamizo (México).
- 3) Mayo (número extraordinario). "Naturaleza de la Química: Historia y Filosofía de la Química". Coordinador Mansoor Niaz (Venezuela).
- 4) Octubre. "Resolución de problemas e indagación. Estrategias didácticas que deben retomarse". Coordinadoras: Kira Padilla y Flor Reyes (México).

En el 2013 continuaremos con otros cuatro números:

- 5) Febrero (número extraordinario). "Química verde: Un tema de presente y de futuro para la educación de la química". Coordinadores: María del Carmen Doria Serrano y René Miranda Ruvalcaba (México).

- 6) Abril (número ordinario). "Sustentabilidad y educación química. Nuestra ciencia no sólo contamina, sino que también previene y remedia". Coordinador: Carlos Amador Bedolla (México).
- 7) Julio (número ordinario). "Libros de texto. Un cambio en la filosofía de su estudio, su uso en el aula y en su elaboración". Coordinadoras: Ainoa Marzábal (España-Chile) y Ana Martínez Vázquez (México).
- 8) Octubre (número ordinario). "Progresiones de aprendizaje. Algo verdaderamente novedoso". Coordinador: Vicente Talanquer (USA-México).

Vamos a dedicarnos en este número a resaltar dos de los tópicos de esta lista, el de la Naturaleza de la Química (que acaba de aparecer en el segundo número extraordinario) y el de Progresiones de Aprendizaje (que aparecerá en el último número de 2013).

## Naturaleza de la Química

La siguiente expresión de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) la tomé (Garritz) de un conjunto de acetatos que utilizó Ángel Vázquez-Alonso en un curso que nos dio en México en 2005:

La NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insignes.

*Ángel Vázquez-Alonso*

Hoy Ángel (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2012) habla más bien de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (Nd-CyT), en un enfoque integrador de ambos conceptos, hacia la tecno-ciencia, que serían los conocimientos "sobre" la ciencia y tecnología, que permiten comprender cómo funcionan ambas. Sus contenidos son complejos, por múltiples y polifa-

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Av. Universidad # 3000, 04510 México, D.F. MÉXICO.

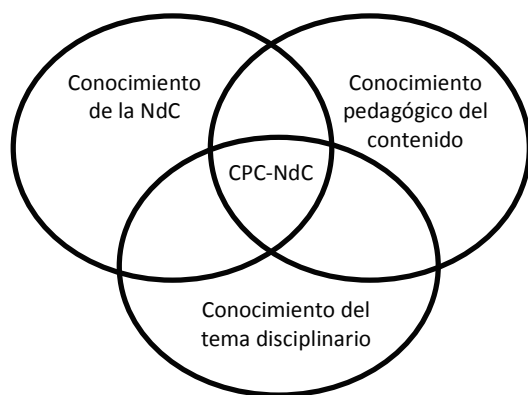
<sup>2</sup> Department of Chemistry, University of Arizona, Arizona, USA.

céticos, además de ser evolutivos y cambiantes, y consisten entre otros de “qué es CyT, su funcionamiento interno y externo, los métodos que emplean para construir, desarrollar, validar y difundir el conocimiento que producen, los valores implicados en las actividades científicas y tecnológicas, las características de la comunidad científica e ingenieril, los vínculos entre ciencia y tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecno-científico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y progreso de la sociedad” (pp. 3-4). Voy a referirme a NdC en adelante aunque con este enfoque integrador de la tecnología.

Niaz y Maza (2011) acaban de publicar un libro breve donde revisan el tema de la NdC en 75 libros de texto de Química General, tomando en consideración nueve criterios que consideran son de consenso entre los educadores de la ciencia:

- La naturaleza tentativa de las teorías científicas;
- Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia;
- No existe un método científico universal, paso a paso;
- Las observaciones están cargadas de teoría;
- El conocimiento científico descansa sobre todo, aunque no enteramente, en Observación, Experimentación, Argumentos racionales, Creatividad y Escepticismo;
- El progreso científico se caracteriza por la competencia entre teorías rivales;
- Los científicos pueden interpretar de maneras diferentes los mismos datos experimentales;
- El desarrollo de teorías científicas, en ocasiones, está basado en fundamentos inconsistentes;
- Las ideas científicas se ven afectadas por su medio social e histórico.

Los autores concluyen de su análisis que “la mayoría de los textos en este estudio ofrecen una poca comprensión de estos nueve criterios usados para evaluar la presentación de la NdC” (p. 26). Nos dicen, por ejemplo, que no mencionan nada acer-



**Figura 1.** Modelo integrador de Schwartz & Lederman (2002) para el CPC-NdC.

ca de cada uno de ellos desde el 44% (el primero) hasta 95% (el octavo) de los libros.

Se ha escrito bastante acerca del Conocimiento Pedagógico del Contenido para dar la clase sobre Naturaleza de la Ciencia a un grupo de estudiantes (Schwartz & Lederman, 2002; Acevedo, 2009 a, b y c) y debemos aprender un poco de ello. Le denominaremos en adelante como CPC-NdC.

Acevedo (2009b, pp. 164), por ejemplo, nos lanza las siguientes preguntas:

- “¿Qué necesita conocer y saber hacer un profesor para impartir conocimientos actualizados de NdC, así como para enseñar de manera coherente con los puntos de vista contemporáneos sobre la NdC?,
- ¿Qué puede llevar a un profesor con una buena comprensión de la NdC, y formado para enseñarla, a no implementar la NdC en el aula de una forma explícita?”

Conviene, para analizar sus respuestas a estas dos interrogantes, presentar el esquema de la figura 1 presentado por Schwartz & Lederman (2002), que refleja un modelo integrador para el CPC-NdC.

No basta tener idea de lo que es la NdC, ni el conocer a fondo el tema disciplinario, ni tampoco las mejores formas de representarlo para hacerlo asequible a los estudiantes, considerando sus concepciones alternativas. Las tres cuestiones surten efecto de una manera conjunta en la práctica docente. Adicionalmente, hay que incluir el conocimiento y el uso de ejemplos variados, actividades de indagación, asuntos tecno-científicos controvertidos de interés social, diversas demostraciones y explicaciones, así como episodios históricos que sirvan para ilustrar la NdC.

Yo sostengo (Garritz) que el tratamiento de las cuestiones socio-científicas en el aula, mediante el uso de la argumentación dialógica, de la historia y la filosofía de la ciencia, así como del aprendizaje experimental basado en la indagación, es estrictamente necesario para lograr una enseñanza más adecuada y eficaz de la NdC.

Resulta fundamental tener un buen conocimiento de la capacidad que poseen los profesores de ciencias para enseñar NdC y sobre la viabilidad de que puedan hacerlo con adecuación y eficacia (Hanuscín, Lee y Akerson, 2008 y 2011). Sin embargo, en este último artículo estos mismos autores nos dicen “Mucho queda por entenderse relacionado con la fuente, naturaleza y desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido en relación con la NdC” (p. 145).

Acevedo (2009c) y Hanuscín *et al.* (2011) hacen énfasis en que el enfoque explícito de enseñanza de la NdC es más efectivo con los estudiantes, entendiendo por explícito aquel en que los entendimientos de la NdC son “planeados intencionalmente, enseñados y evaluados”.

Con relación a los problemas que enfrenta un profesor y que le impiden o dificultan la implementación de la enseñanza de la NdC, nos indica Acevedo (2009b) los siguientes tres factores de orden general:

- (i) Obstáculos institucionales o administrativos como la presión para cubrir contenidos enciclopédicos;
- (ii) Apreciación de un escaso valor de la NdC frente a otros contenidos conceptuales o procedimentales, y
- (iii) Desconocimiento de objetivos y finalidades para enseñar la NdC.

Y estos otros tres factores específicos:

- (i) Confusión entre NdC y procesos de la ciencia;
- (ii) Desconocimiento de enfoques didácticos eficaces para su enseñanza, y
- (iii) Falta de conocimiento profundo del tema científico.

### Progresiones de aprendizaje

Alonzo y Steedle (2009) definen progresiones de aprendizaje como “descripciones ordenadas del entendimiento de los estudiantes sobre un concepto dado” (p. 389).

Las progresiones de aprendizaje son modelos curriculares que describen con palabras y ejemplos secuencias de aprendizaje a través de las cuales se propone que los estudiantes prosperan hacia un entendimiento de carácter más experto. Estas progresiones presentan formas de pensamiento sucesivamente más complejas que es probable que los estudiantes sigan conforme aprenden sobre un tema. Las progresiones de aprendizaje se desarrollan alrededor de las grandes ideas de un dominio de la ciencia, aquellas que fundamentan los conceptos, teorías, principios y esquemas explicativos para los fenómenos de una disciplina.

Investigadores educativos en esta área de estudio han desarrollado progresiones de aprendizaje sobre temas tales como estructura atómica y molecular, propiedades de la materia, fuerza y movimiento, ciclo del carbono y argumentación científica (Corcoran *et al.*, 2009). Sin embargo, yo concibo (Talanquer) que hoy existe considerable debate sobre lo que se identifica como progresión en el aprendizaje y sobre si es posible caracterizar tal progreso como una serie sucesiva de estadios cada vez más complejos. También hay discusiones sobre la naturaleza de los cambios que ocurren en la mente de los estudiantes a medida que avanzan en sus estudios. En particular, en Talanquer (2009) señalo que es importante prestar atención a las restricciones cognitivas que guían el aprendizaje en diferentes dominios del conocimiento.

Duschl y colaboradores (Duschl *et al.*, 2011) recientemente presentan una compilación y análisis crítico de investigaciones sobre progresiones de aprendizaje en los Estados Unidos y Europa. Estos autores discuten cómo se construyen y validan tales progresiones e identifican cuatro aspectos fundamentales en las que las progresiones existentes se distinguen unas de otras. Primero, sugieren que hay progresiones enfocadas al desarrollo de conocimientos científicos sin integrar el desarrollo de habilidades de pensamiento. Cuando existe integración, es común que en uno de estos dos aspectos se haga más énfasis que en el otro. Segundo, Duschl y sus colaboradores encuentran que hay diferencias importantes en la manera en que distintos autores definen los estadios, o “anclas”, inicia-

les y finales de sus progresiones de aprendizaje. Una tercera diferencia reside en cómo se describen los niveles intermedios de aprendizaje, pues algunos autores los presentan como una secuencia lineal de escalones sin conexión con formas particulares de enseñanza, mientras que otros los conciben como momentos críticos en el aprendizaje cuya existencia está íntimamente relacionada con la labor docente. Finalmente, señalan que distintos autores de progresiones de aprendizaje utilizan diferentes modelos o teorías de cambio conceptual en su desarrollo. En particular, algunos investigadores parecen adoptar una visión que implica que las ideas de los alumnos deben ser corregidas o reemplazadas a medida que se progresa en el aprendizaje, mientras otros investigadores sugieren que es crítico trabajar con las ideas de los alumnos para favorecer su evolución.

Sin duda un par de áreas emergentes de interés para los profesores de química de nuestros días, porque nos llevan a cultivar científicamente a los estudiantes (naturaleza de la química) y a tomar consciencia como profesores de las etapas que han de pasar los alumnos hasta volverse expertos en el tema en cuestión (progresiones de aprendizaje).

### Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A. (2009). a. Conocimiento Didáctico del Contenido para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (I): el marco teórico, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46; b. (II) Una perspectiva, *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 6(2), 164-189; c. Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia, *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 6(3), 355-386.
- Alonzo, A. C. y Steedle, J. T., Developing and Assessing a Force and Motion Learning Progression, *Science Education*, 93(3), 389-421, 2009.
- Corcoran, T., Mosher, F. A. y Rogat, A. *Learning progressions in science: An evidence-based approach to reform*. Consortium for Policy Research in Education Report #RR-63. Philadelphia, PA, 2009.
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen, A. Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis, *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182, 2011.
- Hanuscin, D., Lee, L. & Akerson, V., Pedagogical content knowledge for teaching the nature of science: a study of teachers effective in impacting students' views. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, BA (March 30 – April 2), 2008.
- Hanuscin, D., Lee, L. & Akerson, V., Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science, *Science Education*, 95, 145-167, 2011.
- Niaz, M. & Maza, A. *Nature of Science in General Chemistry Textbooks*, Dordrecht, The Netherlands: Springer, Springer Briefs in Education, 2011.
- Schwartz, R. & Lederman, N. G. “It's the Nature of the Beast”: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236, 2002.
- Talanquer, V., On Cognitive Constraints and Learning Progressions: The case of “structure of matter”, *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136, 2009.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. A. La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31, 2012.