

# Enseñanza experimental. ¿Cómo y para qué?<sup>1</sup>

Gisela Hernández Millán

## ABSTRACT (Experimental teaching: How and what for?)

Since the end of the XIX century, the laboratory has been part of education in science. In the 60's of the XX century, experimental work was used to involve students in investigations, discoveries, and problem solving: the experimental work became then the center of education and learning of science, opinion that prevails nowadays among teachers. Even though there are investigations that sustain that the obtained results do not seem to justify such a big investment in both, material and human resources. Fortunately, in the last years there have arisen proposals addressed to reach the objectives that we are looking for: heuristic writing of science (SWH,) argument driver inquiry (ADI) and the approach of the guided inquiry (POGIL), are among them. They are briefly described in this article. It is also included a brief description of the articles that appear in this number, dedicated to practical education in Chemistry.

**KEYWORDS:** practical works, inquiry, argumentation

Desde finales del siglo XIX, cuando se empieza a enseñar ciencia de manera sistemática, el laboratorio ha formado parte de la educación en ciencias. A partir de las reformas curriculares en la educación científica (al inicio de los años 60), el trabajo experimental se utilizó con la idea de que los alumnos se ocuparan de investigaciones, descubrimientos, indagaciones y resolución de problemas: el trabajo experimental se volvió entonces el centro de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. George Pimentel (en Hofstein, 2004) sugiere que el laboratorio está diseñado para que los estudiantes adquieran una mejor idea de la naturaleza de la ciencia y de las investigaciones científicas; hace énfasis en el enfoque por descubrimiento

En la actualidad, al revisar cualquier currículo del área de la química, vemos que prevalece la idea de que los trabajos prácticos en ciencias se usan para involucrar a los estudiantes en actividades que implican investigar y resolver problemas, y que el laboratorio es, cuando menos en la mente de los profesores, la parte medular de la enseñanza de la ciencia.

Sin embargo, Hodson (1994) señala que la enseñanza práctica, tal como se ha venido impartiendo, no alcanza los objetivos que los mismos profesores declaran que debiera tener: motivar a los alumnos, comprender conceptos científicos, aprender sobre cómo es la actividad científica y adquirir una imagen adecuada de la ciencia. Barberá y Valdés (1996) concluyen, después de revisar más de un centenar de publicaciones relacionadas con los trabajos prácticos, que dados los resultados obtenidos, pareciera no justificarse tanta inversión en recursos tanto materiales como humanos.

Existen otras revisiones como las de Hofstein (1994) y Abraham (2011). El primero realiza su investigación desde

cuatro aspectos: el laboratorio como único modo de aprendizaje, la evaluación y el desempeño alcanzado por los estudiantes, las actitudes de los estudiantes hacia el trabajo en el laboratorio y sus percepciones del ambiente de aprendizaje en los laboratorios. El segundo plantea la pregunta: ¿qué puede aprenderse de las actividades de laboratorio? y explora diferentes aspectos que trata de resolver con preguntas como las siguientes: ¿Cuáles categorías de aprendizaje son posibles en el laboratorio? ¿Cuáles estrategias de enseñanza utilizan los profesores en el laboratorio? ¿Qué papel juega el laboratorio dentro de una estrategia de aprendizaje completa? ¿Qué resultados de aprendizaje prefieren los profesores de laboratorio? y ¿Cuáles estrategias educativas son las más efectivas? Estos autores están de acuerdo en que los mejores resultados se obtienen si se utiliza el enfoque por indagación. Sin embargo, en nuestros laboratorios escolares está muy lejos de utilizarse dicha metodología, restringiéndose, en la mayoría de los casos, a utilizar el trabajo práctico como simple confirmación de la teoría.

Afortunadamente, en los últimos años han surgido propuestas encaminadas a que la enseñanza práctica alcance los objetivos que buscamos. Entre ellas se encuentran la escritura heurística de la ciencia (SWH, por sus siglas en inglés) (Greenbowe *et al.*, 2007; Burke *et al.*, 2005), la indagación por argumentación guiada (ADI, por sus siglas en inglés) de Walker *et al.* (2011) y el enfoque "problematizado" que proponen Martínez *et al.* (2012) en este mismo número de *Educación Química*.

El enfoque SWH sostiene que a través de la escritura, los estudiantes aprenden a argumentar, habilidad fundamental en el trabajo científico, por lo que los profesores involucran a los alumnos en actividades que requieren de reflexión y argumentación acerca de lo que observaron y obtuvieron en su actividad experimental. Trabajan con una serie de preguntas, sobre los aspectos fundamentales de la investigación que realizan, y que los estudiantes responden por escrito. Algunas de esas preguntas son: ¿Cuál es mi pregunta? ¿Qué hice?,

<sup>1</sup> Educación Química agradece a la maestra Gisela Hernández Millán, su subdirectora, la labor de edición de este número extraordinario, desde la selección de los autores invitados, hasta la elaboración de esta editorial.

¿Qué observé? ¿Qué puedo afirmar? ¿En qué baso mis afirmaciones? ¿De qué forma han cambiado mis ideas iniciales?

El enfoque SWH está diseñado para ayudar a los estudiantes a hacer conexiones entre las preguntas de investigación, los procedimientos experimentales, los datos, las afirmaciones de conocimiento, las evidencias y los conceptos científicos. Según los autores, cuando esta metodología se lleva a cabo correctamente, los resultados en las evaluaciones de los estudiantes son mejores que las de los que realizan actividades experimentales de manera tradicional.

En él se trabaja con una plantilla para los informes de laboratorio de los estudiantes y otra con la que el profesor los guía en sus actividades experimentales. Utiliza la indagación colaborativa y proporciona a los alumnos la oportunidad de diseñar sus propios experimentos, así como explorar y debatir sus resultados (Greenbowe *et al.*, 2005). Esta metodología se ha aplicado con éxito en temas de termodinámica, equilibrio en general y equilibrio físico (Greenbowe and Meltzer, 2003; Rudd *et al.*, 2001 y 2007).

Respecto al modelo ADI, propuesto por Walker *et al.* (2011), su diseño da a los estudiantes la oportunidad de desarrollar sus propios métodos para generar datos, llevar a cabo investigaciones, usar los datos para contestar las preguntas de investigación, escribir y ser más reflexivos durante el trabajo práctico. Además, dicen los autores, este modelo ayuda a que argumenten científicamente al mismo tiempo que promueve la revisión de los informes por parte de los pares, lo cual hemos probado exitosamente con nuestros alumnos de laboratorio, como se menciona en este número de *Educación Química*, en Hernández *et al.* (2012).

Por último, Martínez *et al.* (2012), mencionan que:

se requiere superar las concepciones empiristas y ateóricas sobre la ciencia e integrar las prácticas de laboratorio de forma articulada y justificada dentro de toda la actividad de enseñanza de las ciencias y lo hacen desde el modelo de investigación guiada en torno a problemas fundamentales de la física y de la química.

En este número aparecen nueve artículos que si bien están relacionados con el trabajo experimental, son muy diversos y por lo mismo, desde nuestro punto de vista, enriquecedores.

Hand, Nam y Choi (2012), comparan los resultados obtenidos por profesores que no estaban todavía en servicio y que trabajaron con el enfoque SWH, con los obtenidos por un grupo testigo de maestros que trabajaron con el método tradicional. Al analizar sus datos concluyen que existen diferencias significativas entre los grupos experimental y control, respecto a la habilidad de argumentación, comprensión de los conceptos científicos y en la capacidad de escritura.

Hernández, Irazoque y López (2012) presentan dos ejemplos de trabajos prácticos que han probado con éxito. Uno de ellos encaminado a la construcción del modelo cinético corpuscular utilizando experimentos de aula, y el otro, una práctica de laboratorio donde se trata el tema de reactivo limitan-

te y se utiliza una metodología que promueve el desarrollo de habilidades superiores como son el diseño de experimentos, la correlación entre las variables experimentales, la inferencia y la emisión de hipótesis, entre otras, tomando como base algunos de los aspectos que considera el enfoque ADI.

Martínez Torregrosa *et al.* (2012) señalan que a pesar de la importancia de los trabajos prácticos para la enseñanza de la ciencia, éstos con frecuencia transmiten un punto de vista ateórico y empirista de la misma y se presentan a los estudiantes como una simple secuencia de actividades que ellos deben seguir, sin hacer énfasis en la reflexión sobre lo que están realizando. Estos autores muestran cómo superar esta situación transformando un protocolo tradicional en una secuencia problematizada de actividades en la que incluyen comentarios detallados dirigidos al profesor, para cada una de ellas.

Rojas y Ramírez (2012) hacen una descripción de los métodos y estrategias utilizados en la enseñanza experimental en Química General y Analítica en diferentes campus de dos de las universidades mexicanas más importantes, desde 1978 hasta 2004.

Sandi-Urena y Gatlin (2012) presentan un estudio fenomenológico que fue realizado para explorar el sentido que once instructores de laboratorio (IAs), asignaron a su tarea de instrucción. Señalan que la investigación del aprendizaje en los laboratorios de química rara vez se ha enfocado en las experiencias de los estudiantes de posgrado que fungen como instructores asistentes y sobre cómo estas experiencias afectan el aprendizaje de los alumnos. Los resultados sugieren que los IAs se ven a sí mismos como proveedores de conocimiento y que su auto-imagen determina sus decisiones sobre la instrucción y el ambiente de aprendizaje. Se discuten las implicaciones para la instrucción y el entrenamiento de asistentes.

Por su parte, Sevan y Fulmer (2012) presentan un interesante estudio acerca de los proyectos de innovación curricular, educación y evaluación enfocados en el aprendizaje de la química en el nivel licenciatura, que han sido financiados por la National Science Foundation entre 2000 y 2008. Caracterizan los tipos de intervenciones y los resultados obtenidos por estos proyectos, relacionados con el aprendizaje de los estudiantes.

Jaime Wisniak (2012) también ha contribuido a nuestro número extraordinario sobre enseñanza experimental con el artículo biográfico de James Mason Crafts, un químico experimental norteamericano muy renombrado (el autor de las reacciones de Friedel y Crafts).

Stojanovska *et al.* (2012) mencionan que existen imprecisiones en algunos conceptos básicos de química, que conducen a significados que pueden desarrollar preconcepciones o errores conceptuales en los estudiantes. Citan como ejemplo la idea de que al calentar el yodo, únicamente sublima pero que no funde, afirmación que se encuentra presente en varios libros de texto. Presentan un experimento donde se muestra *más allá de toda duda*, que el yodo se funde. Con este artículo y su video inauguramos el canal "EducacionQuimica" en

YouTube y se puede llegar a él dando clic en el texto del artículo.

Por último, Pérez-Benítez *et al.* (2012) describen una síntesis de monocristales de acetato de cobre (II) a través de un proceso que involucra reacciones química, electroquímicas y equipo y reactivos caseros. La síntesis se realiza en cantidades de microescala y lo recomiendan para cursos de química verde, electroquímica, química de coordinación o química general. Se menciona que puede realizarse desde el nivel secundaria hasta licenciatura.

En el camino por diversificar la enseñanza experimental, definitivamente es muy valioso contar con esta gama de propuestas y resultados. Consideramos, como la gran mayoría de los profesores de ciencias, que el trabajo experimental es fundamental en la enseñanza de las ciencias y que existen metodologías que favorecen el aprendizaje de conceptos, y el desarrollo habilidades y de la capacidad para resolver problemas. Vale la pena continuar con la búsqueda de mejores estrategias para que los trabajos prácticos cumplan realmente con los objetivos de aprendizaje que todo profesor de química espera, seguramente nuestros lectores encontrarán propuestas interesantes en este número.

## Bibliografía

- Abraham, R.M. What can be learned from Laboratory Activities?, *J. Chem. Educ.*, **88**(8), 1020-1025, 2011.
- Barberá, O. y Valdés, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión, *Enseñanza de las Ciencias*, **14**(3), 365-379, 1996.
- Burke, K. A., Hand B., Poock J. and Greenbowe T., Using the Science Writing Heuristic. Training Chemistry Teaching Assistants, *J. of College Science Teaching*, **36**, 41, 2005.
- Greenbowe, T. and Meltzer, D., A Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry, *Int. J. of Sci. Ed.*, **25**(7), 779-800, 2003.
- Greenbowe, T., Poock, J., Burke, K. and Hand, B., Using the Science Writing Heuristic in the General Chemistry Laboratory To Improve Students' Academic Performance, *J. Chem. Educ.*, **84**(8) 1371-1379, 2007.
- Greenbowe, T., Hand, B., Introduction to the Science Writing Heuristic. En: Pienta, N., Cooper, M. and Greenbowe, T. (Eds.), *The Chemists' Guide to Effective Teaching* (pp. 140-154). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2005.
- Hand, B., Nam, J. and Choi, A. Argument-Based General Chemistry Laboratory Investigations for Pre-Service Science Teachers, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 13 de enero de 2012.
- Hernández-Millán, G., Irazoque-Palazuelos, G. y López-Villa, N. M. ¿Cómo diversificar los trabajos prácticos? Un experimento ilustrativo y un ejercicio práctico como ejemplo, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 13 de enero de 2012.
- Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(3), 300-311, 2004.
- Hofstein A. The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research, *Chem. Educ. Res. Pract.* **5**, 247-264, 2004.
- Martínez Torregrosa, J.; Domènech-Blanco, J. L.; Menargues, A. y Romo-Guadarrama, G., La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 31 de enero de 2012.
- Pérez-Benítez, A., Arroyo-Carmona, R. E., Bérnes, S., Enrique González-Vergara, E., Méndez-Rojas, M. A., Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre(II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 3 de febrero de 2012.
- Rojas-Hernández, A. y Ramírez-Silva, M. T. La enseñanza experimental de la Química General y la Química Analítica desde la ENEP-Cuautitlán de la UNAM y la UAM-Iztapalapa en el último cuarto del Siglo XX, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 11 de enero de 2012.
- Rudd, J., Greenbowe, T., Hand, B. and Legg, M. Using the Science Writing Heuristic to Move Toward an Inquiry-Based Laboratory Curriculum: An Example from Physical Equilibrium, *J. Chem. Educ.*, **78**(12), 1680-1686, 2001.
- Rudd, J.; Greenbowe, T. and Hand, B. Using the Science Writing Heuristic To Improve Students' Understanding of General Equilibrium, *J. Chem. Educ.*, **84**(12), 2007-2011, 2007.
- Sandi-Urena, S. y Gatlin, T. A. Experimental Chemistry Teaching: Understanding Teaching Assistants' Experience in the Academic Laboratory, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 26 de enero de 2012.
- Sevian, H. y Fulmer, G. W. Student Outcomes from Innovations in Undergraduate Chemistry Laboratory Learning: A Review of Projects Funded by the U.S. National Science Foundation between 2000 and 2008, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 6 de enero de 2012.
- Stojanovska, M., Petruševski, V. and Šoptrajanov, B., The concept of sublimation – iodine as an example, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 24 de enero de 2012.
- Walker J.; Sampson, V. and Zimmerman C. Argument-Driven Inquiry: An Introduction to a New Instructional Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs., *J. Chem. Educ.* **88**, 1048-1056, 2011.
- Wisniak, J. James Watson Crafts, *Educ. quím.*, **23**(Extraord. 1), publicado en línea el 26 de enero de 2012.