

Estudios originales y rigurosos sobre alguna faceta del fenómeno educativo de la química.

Utilización de demostraciones experimentales como un recurso didáctico. Primera parte

Lastres, L., Angelini, M.C., Landau, L., Sileo, M., Torres, N.

Abstract (On the use of experimental demonstrations as a didactic resource)

The number of students entering the first chemistry course in the Buenos Aires University is very high, and makes it impossible to work in the laboratory. In this context, experimental demonstrations were introduced, supposing they could help to promote student comprehension and stimulate student enthusiasm, thus improving the quality of the course.

In this paper, the authors present the way demonstrations were organized and realized, how students and teachers evaluated them and some of the changes already made or in course to be done.

Resumen

Los cursos de química del Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires son en general numerosos y no se dispone de laboratorios. En este contexto, la necesaria aplicación de los contenidos por parte del propio alumno, a través de experiencias que posibiliten un aprendizaje significativo, no siempre puede realizarse de manera eficaz. Entre los recursos de que dispone el docente para facilitar ese aprendizaje, figuran las demostraciones experimentales, que fueron introducidas en el curso buscando aumentar su calidad. En este trabajo, los autores presentan la forma de organización y desarrollo de estas actividades experimentales, la evaluación de las mismas obtenida a través de encuestas administradas a docentes y alumnos, y algunas de las modificaciones ya realizadas o en etapa de elaboración.

Introducción

En la Universidad de Buenos Aires, los alumnos inician sus estudios universitarios cursando seis materias, dos de tipo general y otras cuatro relacionadas con la carrera que piensan seguir, en el Ciclo Básico Común (CBC).

Como el ingreso es irrestricto, la materia Química del CBC se dicta en los últimos años para alrededor de 10,000 alumnos por cuatrimestre. El curso se desarrolla en aproxi-

madamente 24 clases de tres horas de duración cada una. Los 10,000 alumnos se distribuyen en unas 100 comisiones ubicadas en aulas de diferente capacidad. Esto trae como consecuencia que las mismas alberguen entre 60 y 100 alumnos, llegando este número a ser 150 en algunos casos. Cada una de estas comisiones es atendida generalmente por dos docentes auxiliares (y en algunos horarios críticos solamente por uno).

Durante los 10 años en que se ha dictado este curso, los docentes hemos intentado acercar a los alumnos los principios y observaciones de la Química como un conjunto interrelacionado y sistematizado de conceptos. En lugar de alentar en el estudiante la memorización de teorías, fórmulas, etcétera, se ha realizado un esfuerzo por enfatizar la comprensión de los conceptos y estimular el desarrollo de sus habilidades intelectuales para resolver problemas concretos. Para lograr estos objetivos, se fueron utilizando a lo largo de estos años distintas estrategias y se realizaron cambios en las secuencias de los contenidos, guías de trabajos, libros, material didáctico, etcétera. A pesar de esto, los profesores de química sabemos que al ser ésta una ciencia fundamentalmente experimental, el trabajo en el laboratorio ocupa un papel preponderante en el intento de relacionar los hechos con los conceptos. Somos también concientes de que, desde un punto de vista constructivista, nuestros esfuerzos educacionales deben enfatizar el papel activo de los alumnos en el aprendizaje, tal como lo indica O'Brien (1991): "La mente del aprendiz debe estar involucrada para percibir, filtrar y transformar datos sensoriales en conceptos y modelos propios de su particular estructura conceptual".

Sin embargo, la necesaria aplicación de los contenidos por parte del alumno, a través de experiencias que posibiliten el aprendizaje significativo, no siempre puede llevarse a cabo de manera eficaz (Marco *et al.*, 1987). En nuestro caso, serios problemas de infraestructura —como son la falta de espacio físico para la instalación de laboratorios, problemas presupuestarios, cursos numerosos y pocos docentes, entre otros factores—, hicieron imposible la implementación de trabajos prácticos experimentales. Sin embargo, en un intento por mejorar la calidad del aprendizaje que exige todo curso y con el ánimo de incentivar el interés de los alumnos por la química, se introdujeron alrededor de dos años atrás **las demostraciones experimentales en clases**. Citando a Beall (1996), "a través de este siglo, el péndulo de opinión

* Cátedra de Química. Ciclo Básico Común. Universidad de Buenos Aires. Dirección de contacto: Arenales 2949-4-B. Buenos Aires (1425) R. Argentina. Tel-fax: 825-0307 e-mail: klastres@mail.retina.ar
Recibido: 8 de julio de 1997; Aceptado: 30 de septiembre de 1997

sobre el valor de la utilización de demostraciones en el aula de química nunca ha dejado de oscilar. Algunos docentes hacen de las demostraciones el punto focal de sus cursos, mientras que otros han sido altamente críticos de esta forma de instrucción". En nuestro caso, tomamos en cuenta los argumentos a favor de estas actividades expresados por diferentes autores. En efecto, consideramos, tal como indica O'Brien (1991) que los docentes deben ofrecer oportunidades a los alumnos para que vean fenómenos científicos y reflexionen acerca de ellos. En este sentido, creemos que una demostración correctamente desarrollada puede ser más significativa y orientada al descubrimiento que una actividad de laboratorio tipo "receta" para hacer una verificación. Desde luego, en todo momento hemos tenido muy claro que las demostraciones *no reemplazan* el trabajo de laboratorio, pero creemos que enriquecen la actividad en el aula ya que, como indica Miller (1993), un entorno que promueva la participación activa del alumno facilita el aprendizaje de la química al mismo tiempo que modifica la relación docente-alumno. En este sentido nos parecieron adecuadas, como señalan Vázquez Dorrío, García Parada y González Fernández (1994) para estimular la participación de los alumnos, incitando a los más pasivos, en un ambiente propicio a la interacción. Por otra parte, como esos mismos autores señalan, al posibilitar la combinación de actividades dinámicas, simbólicas (numéricas o verbales) e icónicas (dibujos, modelos, esquemas) en la propia aula, ofrecen una nueva estrategia para reforzar principios y conceptos, fomentando la capacidad de razonamiento de los alumnos.

El objetivo del presente trabajo es narrar la experiencia de la organización, puesta a punto y realización de las demostraciones experimentales en nuestros cursos numerosos, evaluar sus logros y dificultades, analizar las críticas y propuestas de cambio emitidas por los alumnos y docentes del mismo y las modificaciones que hasta el momento se han introducido de acuerdo con esas propuestas.

Organización del trabajo

En noviembre de 1993 se comenzó a estudiar la posibilidad de desarrollar demostraciones experimentales en clases. Desde un principio esto constituyó un verdadero desafío. No se contaba con la infraestructura y presupuesto necesario y además algunos profesores de la materia no confiaban en poder llevar a cabo esta idea con ciertas posibilidades de éxito.

Salvando estas incertidumbres, se gestionó ante las autoridades del CBC, el apoyo económico para solucionar los problemas de infraestructura y provisión de materiales y equipos. Las autoridades, dentro de las propias limitaciones presupuestarias, brindaron todo su apoyo logístico para que la atrevida idea de realizar demostraciones experimentales, se convirtiera en una realidad.

Con base en un diseño previo de las demostraciones se realizó la licitación y compra de materiales, drogas y equipos.

Se nos facilitó el uso de un espacio que fue necesario acondicionar para que funcionara como lugar de preparación de prácticas, puesta a punto de las mismas y depósito del material. Además, en este lugar, se preparan los equipos (canastos de material plástico con los materiales, aparatos, reactivos y todos los dispositivos para realizar las demostraciones) que luego son enviados a cada una de las cinco sedes en donde se dicta la materia.

En cada banda horaria de cualquier sede funcionan en general cuatro comisiones en paralelo. Por esta razón, para realizar las demostraciones, se diseñaron cuatro equipos completos para cada sede, que se van pasando de una banda horaria a otra para ser utilizados. Para armar estos equipos se utilizó material propio de un laboratorio de ciencias (tubos de ensayo, gradillas, pipetas, probetas, embudos, frascos para reactivos debidamente etiquetados, etcétera) y además un botiquín de primeros auxilios. Los pequeños aparatos incluidos en estos equipos (circuitos para detectar el pasaje de corriente eléctrica o pHmetros tipo lápiz) son simples en cuanto a su armado y utilización, para lograr que el estudiante focalice su atención en los experimentos y no se disperse tratando de entender el funcionamiento de los aparatos usados.

Se diagramaron dos grupos de demostraciones experimentales para realizar en un cuatrimestre, cada uno de ellos planeado para ser desarrollado en una clase de tres horas de duración. El primer grupo (Trabajo Práctico N°1) se diagramó para ser realizado inmediatamente antes del primer examen parcial. Los contenidos abordados en el curso hasta esta instancia son:

- Sistemas materiales
- Teoría atómico-molecular
- Gases ideales
- Estructura atómica
- Clasificación periódica y propiedades de los elementos
- Uniones químicas

El T.P. N°1 fue elaborado con base en estos contenidos y consta de tres partes:

- Solubilidad
- Poder conductor
- Geometría molecular

El segundo grupo de demostraciones (Trabajo Práctico N°2) se programó para ser realizado al finalizar el curso. Los contenidos desarrollados en el curso entre el primer y segundo parcial son:

- Soluciones

- Ecuaciones químicas y su significado
- Sistemas en equilibrio

El T.P. N°2 fue elaborado con base en estos contenidos y consta de tres partes:

- Reacciones de óxido-reducción
- Estequiometría
- Soluciones y Ácido-Base

Como se trataba de realizar **demonstraciones**, se analizó la bibliografía relacionada con actividades experimentales, tales como los clásicos libros de Summerlin y Ealy (1988), Summerling, Borgford y Ealy (1988), diferentes propuestas del *Journal of Chemical Education* como las de Katz (1991), Katz y Constneg (1994), Berquist (1992), Moore, Moore y Boschmann (1993) y de diversos números de la revista canadiense *Chem 13 News*, así como libros del tipo de *Fun with Chemistry* (Sarquis y Sarquis, compiladores, 1991) que apuntan a presentaciones del tipo "show químico".

Como resultado, se eligieron demostraciones que si bien no son del todo espectaculares tratan de atraer la atención de los alumnos (reacciones coloreadas, formación de precipitados, etcétera), y sobre todo son muy ejemplificadoras de los conceptos teóricos.

Los momentos para realizar las demostraciones fueron inicialmente elegidos de tal forma que, en nuestra opinión, los estudiantes pudieran aprovecharlas de manera más efectiva, porque ya conocerían a esa altura los conceptos teóricos involucrados y podrían utilizarlas para reelaborarlos y aplicarlos con mayor seguridad en la resolución de problemas. En otras palabras, se buscó que las demostraciones fueran una instancia de "mentes trabajando" en lugar de la situación de "manos trabajando" típica de las actividades de laboratorio.

La organización del trabajo incluyó también la confección de guías de trabajos prácticos para los alumnos y para los docentes. Estas guías fueron redactadas por los profesores de la materia. La guía del alumno (Angelini y otros, 1994) plantea preguntas y guía observaciones; la de los docentes incluye indicaciones para optimizar la tarea, tanto desde el punto de vista académico como en lo relativo a esta forma de trabajo. Como señala O'Brien (1991) una cuidadosa planificación aumenta la probabilidad y el grado potencial de éxito.

Las tareas de organización descritas implicaron seis meses de trabajo continuado. Las demostraciones experimentales se desarrollaron a partir del segundo cuatrimestre de 1994.

Evaluación de la actividad

A los efectos de medir algunos aspectos que, en su conjunto, permitieran evaluar la calidad de la realización de las demos-

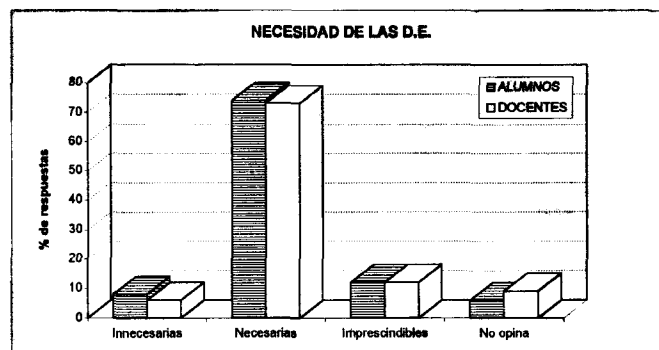


Gráfico 1.

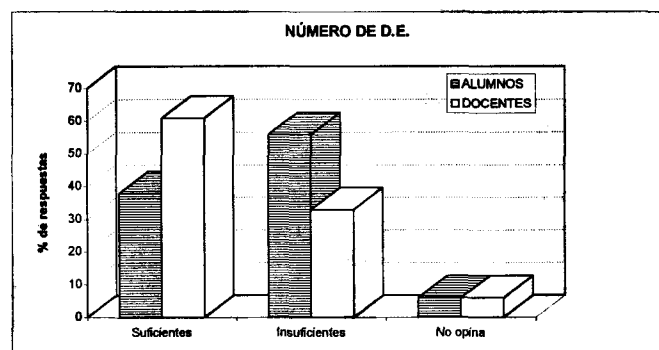


Gráfico 2.

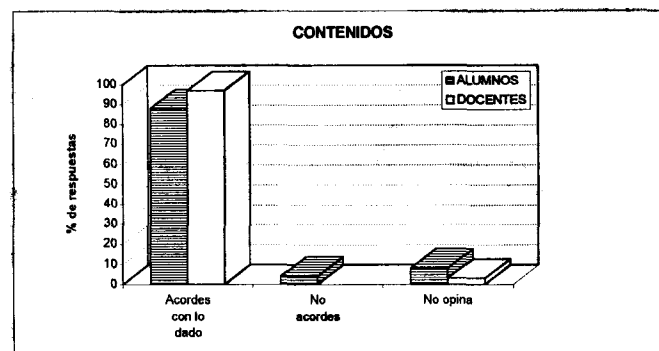


Gráfico 3.

traciones experimentales, se administraron en el primer cuatrimestre de 1995 dos encuestas: una dirigida a los alumnos y otra a los docentes. En el Anexo se adjuntan sus textos. Estas encuestas fueron respondidas por 270 alumnos y 30 docentes.

En los gráficos 1 a 4, se presenta la opinión comparativa de docentes y alumnos sobre algunos aspectos de las demostraciones (DE).

Llama la atención la diferencia de opiniones entre do-

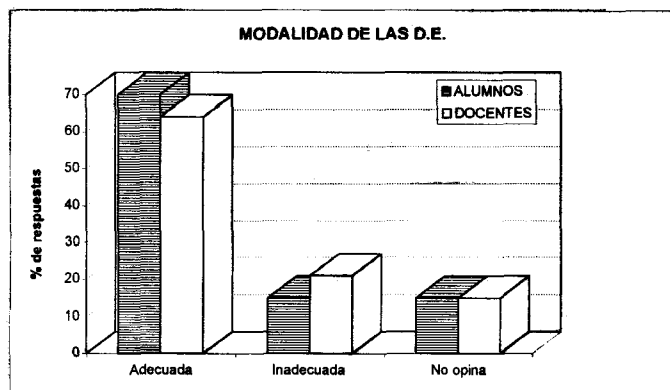


Gráfico 4.

centes y alumnos sobre el número de DE. Esta diferencia se debería a que en el caso de los docentes, su opinión puede estar influenciada por el hecho de que cuentan con un tiempo relativamente escaso para desarrollar todos los contenidos previstos en el cronograma de la materia (las DE abreviarían aún más este tiempo). En el caso de los alumnos sería plausible que pensarán en una relación directa entre número de DE y mayor aprendizaje de los conceptos teóricos, por lo cual abogarían por un mayor número de aquéllas.

En los gráficos correspondientes a necesidad, contenidos y modalidad, se evidencia una razonable coincidencia de opiniones.

La encuesta administrada a los alumnos reveló que un alto porcentaje (88%) de los mismos calificó las actividades realizadas como interesantes y/o entretenidas, resultado que se presenta en el gráfico 5.

A pesar de que las DE por su misma naturaleza, no implican que los alumnos manipulen continuamente los materiales, el cuerpo docente, salvando esta dificultad esencial, supo motivar e involucrar a los alumnos en la realización y discusión de los sencillos experimentos.

La opinión de los alumnos acerca de la utilidad de las DE es un resultado alentador a pesar de su escasa participación en ellas, como se aprecia en los gráficos 6 y 7.

Es necesario destacar que los alumnos que asistieron a las DE declararon tener además entre un 75 a 100% de asistencia a clases, lo que conferiría validez a la opinión de los encuestados.

La opinión de los docentes sobre algunos aspectos de las DE se resume en los gráficos 8 a 10.

Un alto porcentaje de docentes afirma que el momento de realización de las DE es adecuado. Sin embargo, son muchos los que indican lo contrario. La opinión de estos últimos es coincidente con lo vertido acerca de cómo podrían mejorarse dichas demostraciones.

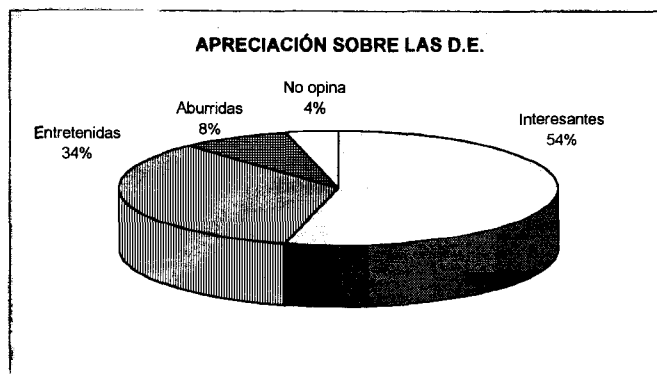


Gráfico 5.

Las mejoras sugeridas pueden resumirse en las siguientes propuestas generales:

- Diseñar demostraciones que permitan una participación más activa de los alumnos.
- Realizar las DE previas a la teoría, como disparador, o junto a ella. Esto despertaría, en su opinión, mayor interés y lograría una mejor fijación de los conceptos ilustrados.

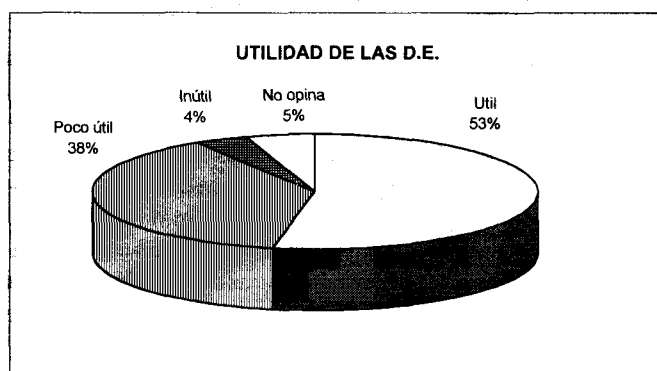


Gráfico 6.

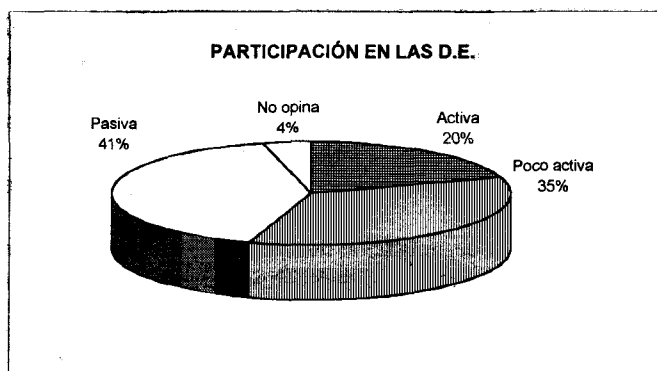


Gráfico 7.

- Realizar las DE con un número razonable de alumnos ya que se considera que en los cursos muy numerosos no son aprovechadas.

Modificaciones realizadas o en curso

Para salvar las dificultades que se infieren de los resultados de las encuestas (escasa participación, grupos de alumnos demasiado numerosos, inoportunidad del momento de realización, etcétera) se planificaron nuevas estrategias y nuevas demostraciones experimentales. A raíz de las sugerencias de los docentes, se realizaron algunas modificaciones en los trabajos programados, a fin de mejorarlos. Entre otras cosas, se descartó el uso de pHmetros tipo lápiz, dado que las lecturas resultaban erráticas, siendo reemplazados por el uso de papel pH en pequeños grupos. Se está preparando la utilización de soluciones de indicador universal como otra alternativa. Se eliminaron algunos ensayos de solubilidad que no despertaban interés en los alumnos, se adelantó y amplió el trabajo con modelos moleculares y se prepararon nuevos experimentos relacionados con equilibrio químico. Por otra parte, como algunos docentes se interesaron por la posibilidad de ir realizando las demostraciones durante el desarrollo de los diferentes temas, también se reorganizó la metodología de distribución de reactivos y materiales de forma que ahora están disponibles en las sedes cuando los docentes los requieren.

Conclusiones

Las opiniones vertidas por los alumnos a través de las encuestas permiten afirmar que los objetivos previstos de las DE –despertar el interés y proveer a los alumnos otras herramientas útiles para la comprensión de la química–, fueron logrados en buena medida. Estos resultados sin duda alientan a continuar con el desarrollo de las actividades experimentales como un recurso didáctico en el curso masivo de Química del CBC.

Por otra parte, creemos que este tipo de actividades puede ser trasladado al aula de enseñanza media, donde también puede presentarse el inconveniente de clases numerosas. En estos casos, las demostraciones permitirán apoyar algunos de los temas que no se puedan desarrollar en laboratorio, ya que en la bibliografía abundan las propuestas de actividades que pueden utilizarse para tal fin.

NOTA. Parte de este trabajo fue presentado en el XXI Congreso Argentino de Química, realizado en Bahía Blanca, R. Argentina, del 18 al 20 de septiembre de 1996.

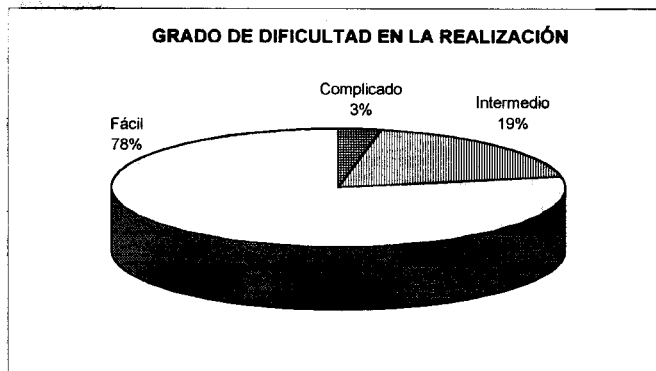


Gráfico 8.

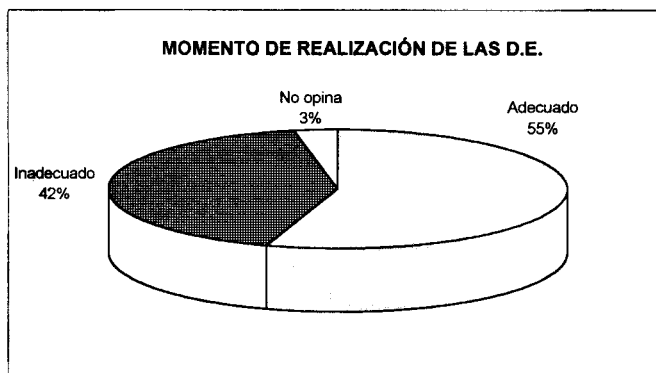


Gráfico 9.

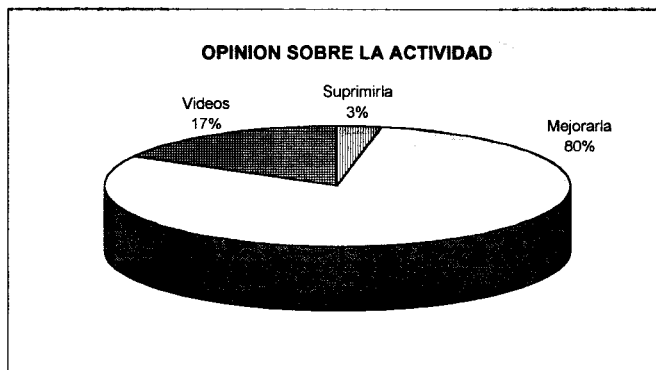


Gráfico 10.

Bibliografía

- Angelini y otros, *Química. Guía de Trabajos Prácticos*, Oficina de Publicaciones del CBC, UBA, Buenos Aires, 1994.
- Beall, H., Report on the WPI Conference "Demonstrations as a teaching tool in Chemistry: Pro and Con", *Journal of Chemical Education*, 73 (7) 641, 1996.
- Berquist, W., Do "likes dissolve likes"? An ilustration of polar and no polar solvents, *Journal of Chemical Education*, 69 (2) 158, 1992.
- Chem 13 News*, University of Waterloo (Canadá). Diversos números de los últimos años.
- Katz, D., Science Demonstrations, Experiments and Resources, *Journal of Chemical Education*, 68 (3) 235, 1991.
- Katz, D., Constneg, Willis, C., Two safe student conductivity apparatus, *Journal of Chemical Education*, 71 (4) 330, 1994.
- Lauterbach, R., *Taller de Ciencias Naturales*, Prociencia-Instituto Goethe (B. Aires), Universidad de Kiel (Alemania), Buenos Aires, mayo 1988.
- Marco, B., Olivares, E., Usabiaga, C. y Gutiérrez, R., *La enseñanza de las ciencias experimentales*, Narcea, Madrid, 1987.
- Miller, T., Demonstrations-Exploration-Discussion, *Journal of Chemical Education*, 70 (3) 187, 1993.
- Moore, H., Moore, E. y Boschmann, E., The Rainbow reaction: pH and universal indicator solution, *Journal of Chemical Education*, 70 (5) 407, 1993.
- O'Brien, T., The science and Art of Science Demonstrations. *Journal of Chemical Education*, 68 (11) 933, 1991.
- Sarquis, M., Sarquis, V. (comps.), *Fun with Chemistry*. vols. 1 y 2, ICE, University of Wisconsin, Madison, 1991.
- Serlanz, A. y Graham, D., Lecture demonstrations in chemistry, *Journal of Chemical Education*, 65 (4) 357, 1988.
- Summerlin, L. y Ealy, J., *Chemical Demonstrations: A source book for teachers*, vol. 1, 2nd ed., ACS, Washington, 1988.
- Summerlin, L., Borgford y Ealy, J., *Chemical Demonstrations: A source book for teachers*, vol. 2, 2nd ed., ACS, Washington, 1988.
- Vázquez Dorrió, J.B., García Parada, E. y González Fernández, P., Introducción de demostraciones prácticas para la enseñanza de la física en las aulas universitarias, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1) 63, 1994.

ANEXO

ENCUESTA A ALUMNOS

Tema: Demostraciones experimentales

La presente encuesta tiene carácter **anónimo**. Por medio de ella la cátedra de química desea conocer su opinión sobre las demostraciones experimentales realizadas durante el curso.

Responda una opción por pregunta, marcando con un círculo el número que corresponda a su respuesta.

Muchas gracias por su colaboración.

SEDE: _____

TURNO: _____

I: ¿ Asistió a las demostraciones experimentales?

sí	no
1	2

II: Considera que las demostraciones experimentales son:

innecesarias	necesarias	imprescindibles	no opino
1	2	3	6

III: Considera que las demostraciones experimentales fueron:

— en cantidad: suficientes insuficientes no opino

1	2	6
---	---	---

— en contenido:

acordes con lo dado	no acordes	no opino
1	2	6

— por su modalidad:

adecuadas	inadecuadas	no opino
1	2	6

IV: Su apreciación sobre las actividades realizadas es que fueron:

interesantes	entretenidas	aburridas	no opino
1	2	3	6

V: Su participación durante la demostración experimental fue:

activa	poco activa	pasiva	no opino
1	2	3	6

VI: La realización de esta actividad le resultó:

útil	poco útil	inútil	no opino
1	2	3	6

VII: ¿A qué porcentaje de clases concurre?

0 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	75 a 100%
1	2	3	6

ENCUESTA A DOCENTES

Tema: Demostraciones experimentales

La presente encuesta tiene carácter **anónimo**. Por medio de ella deseamos conocer su opinión sobre las demostraciones experimentales.

Responda una opción por pregunta, marcando con un círculo el número que corresponda a su respuesta.

Muchas gracias por su colaboración.

SEDE: _____

I (a): ¿Realizó demostraciones experimentales en su curso?

<i>sí</i>	<i>no</i>
1	2

I (b): Si contestó no a la pregunta anterior. La causa fue:

- exceso de alumnos 1
- falta de docentes 2
- falta de tiempo para desarrollar el cronograma 3
- condiciones inadecuadas en la sede 4
- otra (aclarar) _____ 5

II: Considera que las demostraciones experimentales son:

<i>innecesarias</i>	<i>necesarias</i>	<i>imprescindibles</i>	<i>no opino</i>
1	2	3	6

III: Considera que las demostraciones experimentales fueron:

- en cantidad: *suficientes* 1 *insuficientes* 2 *no opino* 6
- en contenido: *acordes con lo dado* 1 *no acordes* 2 *no opino* 6
- por su modalidad: *adecuadas* 1 *inadecuadas* 2 *no opino* 6
- por su longitud: *muy cortas* 1 *adecuadas* 2 *muy largas* 3 *no opino* 6
- por el momento de su realización: *adecuadas* 1 *inadecuadas* 2 *no opino* 6

IV: La realización de esta actividad le resultó:

<i>fácil</i>	<i>no muy fácil</i>	<i>complicada</i>	<i>no opino</i>
1	2	3	6



Moore, P. 1980. Unidad 1. 139

V: Usted cree que esta actividad debería:

<i>mejorarse</i>	<i>suprimirse</i>	<i>reemplazarse por videos</i>
1	2	3

Si eligió la opción 1, ¿cómo? _____

VI. ¿Desea expresar una opinión sintética sobre las demostraciones experimentales?
